BRUNO MATTEO
3.12.18 21:40:13
CN=BRUNO MATTEO
C=IT
2.5.4.4=BRUNO
2.5.4.42=MATTEO
Digitally signed by MACCHI GIORGIA
C = IT

ARUP

Amazon Web Services

Progetto di Data Center in Zibido San Giacomo

Progetto di Data Center in Zibido San Giacomo

Relazione Geologica

Reference: Z-G-PDC-REL-XX-03

00 | 31OTT25

Questa relazione è stata redatta per tener conto delle particolari prescrizioni ed esigenze del Cliente. Non è intesa per essere divulgata a terze parti, per altri scopi. In tal caso, non viene assunta alcuna responsabilità per l'uso che ne venga fatto da parte di terzi.

Arup Italia S.r.l.
Corso Italia 1
Milan
20122
Italy
arup.com

Indice

1.	Introduzione	6
1.1	Premessa	6
1.2	Inquadramento geografico	6
2.	Inquadramento geologico-geomorfologico	8
2.1	Inquadramento geologico e geomorfologico	8
2.2	Inquadramento idrografico e idrogeologico	9
3.	Inquadramento sismico	14
4.	Regime vincolistico e fattibilità geologica	23
4.1	Carta dei vincoli	23
4.2	Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)	23
4.3	Fattibilità geologica e norme di piano	24
5.	Modello geologico	26
5.1	Analisi Granulometrica	26
5.2	Resistività elettrica	28
5.3	Resistività termica	28
5.4	Permeabilità e slug test	29
5.5	Stratigrafia	30
6.	Conclusioni	32
Bibliografia		33

Tabelle

Tabella 1. Caratteristiche dei piezometri e letture piezometriche. 13
Tabella 2. Soglie comunali per il Fa sismico. 18
Tabella 3. Classificazione e nomenclatura delle analisi granulometriche effettuate, sono stati evidenziati in grigio i campioni con materiale coesivo. 27
Tabella 4. Risultati delle prove di resistività termica 29
Tabella 5. Valori di permeabilità dei suoli da prove di permeabilità a carico variabile 29
Tabella 6. Risultati delle elaborazioni dello slug test 30
Tabella 7. Modello geologico medio di progetto. 30

Figure

Figura 1-1. Localizzazione del sito in relazione a Milano – nord Italia. 6
Figura 1-2. Corografia, in rosso il perimetro dell'area in esame – CTR 1:10.000 . 7
Figura 1-3. Ortofoto dell'area di studio, in rosso il perimetro dell'area investigata. 7
Figura 3-1. Stralcio dello Studio Comunale di Rischio Idraulico - Tav.4 Carta della Fattibilità delle opere di infiltrazione (2023). 9
Figura 3-2. Schema dei rapporti stratigrafici e delle unità idrogeologiche definito nell'ambito del progetto CARG - Foglio 118 – Milano. 10
Figura 3-3. Sezione idrogeologica N-S derivata dal PGT del Comune di Zibido San Giacomo - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022). 11
Figura 3-4. Andamento piezometrico superficiale Comune di Zibido San Giacomo - Studio Comunale del rischio Idraulico (2023). 12
Figura 3-5. Andamento della soggiacenza nel Comune di Zibido San Giacomo - Studio Comunale del rischio Idraulico (2023). 12
Figura 3-6. Andamento dell'acquifero locale – Arcadis (2024) modificata da Arup (2025). 13
Figura 4-1. Ubicazione del sito di interesse (rosso) – Zonazione sismogenetica Z09 14
Figura 4-2. Grafico intensità macrosismica-anni per il comune di Zibido San Giacomo (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_14159) 14
Figura 4-3. Nodi di accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 INGV). 15
Figura 4-4. Profili sismici derivante dalle indagini in situ. 16
Figura 4-5. Carta di pericolosità sismica locale, in rosso l'area di studio - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022). 17
Figura 4-6. Grafico relativo alla litologia sabbiosa a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni 18
Figura 4-7. Abaco per la definizione, in base al colore, della curva di riferimento per l'individuazione di Fa, tramite intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità. 19
Figura 4-8. Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito a strutture basse). 20
Figura 4-9. Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito a strutture alte). 20
Figura 4-11. Fusi granulometrici suscettibili a liquefazione 22
Figura 5-1. Carta dei vincoli geologico-ambientali - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022). 23
Figura 5-2. Mappa del PGRA - Geoportale Regione Lombardia. 24
Figura 5-3. Carta di Fattibilità - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022). 25
Figura 6-1. Posizionamento delle indagini geognostiche e sismiche dell'area in esame. 26

Figura 6-2. Curve granulometriche dei campioni raccolti nelle diverse indagini. 27
Figura 6-3. Modello geologico medio di progetto 31

Allegati

A.1 Campagna indagini – Schinelli Consulting, 2024-2025 35
A.2 Campagna indagini – Arcadis, 2023-2024 36
A.3 Campagna indagini – SoilData Services, 2014 37
A.4 Sezioni stratigrafiche 38

1. Introduzione

1.1 Premessa

Il presente documento, redatto da Arup Italia S.r.l., per conto del cliente Amazon Web Services (da qui in avanti "AWS" o "Cliente"), analizza gli aspetti geologici, geomorfologici, sismici e idrogeologici relativi al progetto edilizio per la costruzione di un nuovo Data Center nel comune di Zibido San Giacomo.

Scopo del presente documento è di definire il modello geologico e sismico del nuovo edificio, denominato Edificio A. Per una descrizione dettagliata degli interventi previsti, si rimanda alla relazione tecnica allegata alla pratica di progetto.

1.2 Inquadramento geografico

L'area di studio è situata nel paese di Zibido San Giacomo in provincia di Milano, a circa 20 chilometri dal centro del capoluogo lombardo, in un contesto prevalentemente agricolo, caratterizzato dalla presenza estesa del Parco Agricolo Sud di Milano. Il territorio di Zibido San Giacomo è prevalentemente pianeggiante, tipico della Pianura Padana. Si riporta in Figura 1-1 l'inquadramento del sito e in Figura 1-2 la Carta Tecnica Regionale (CTR).

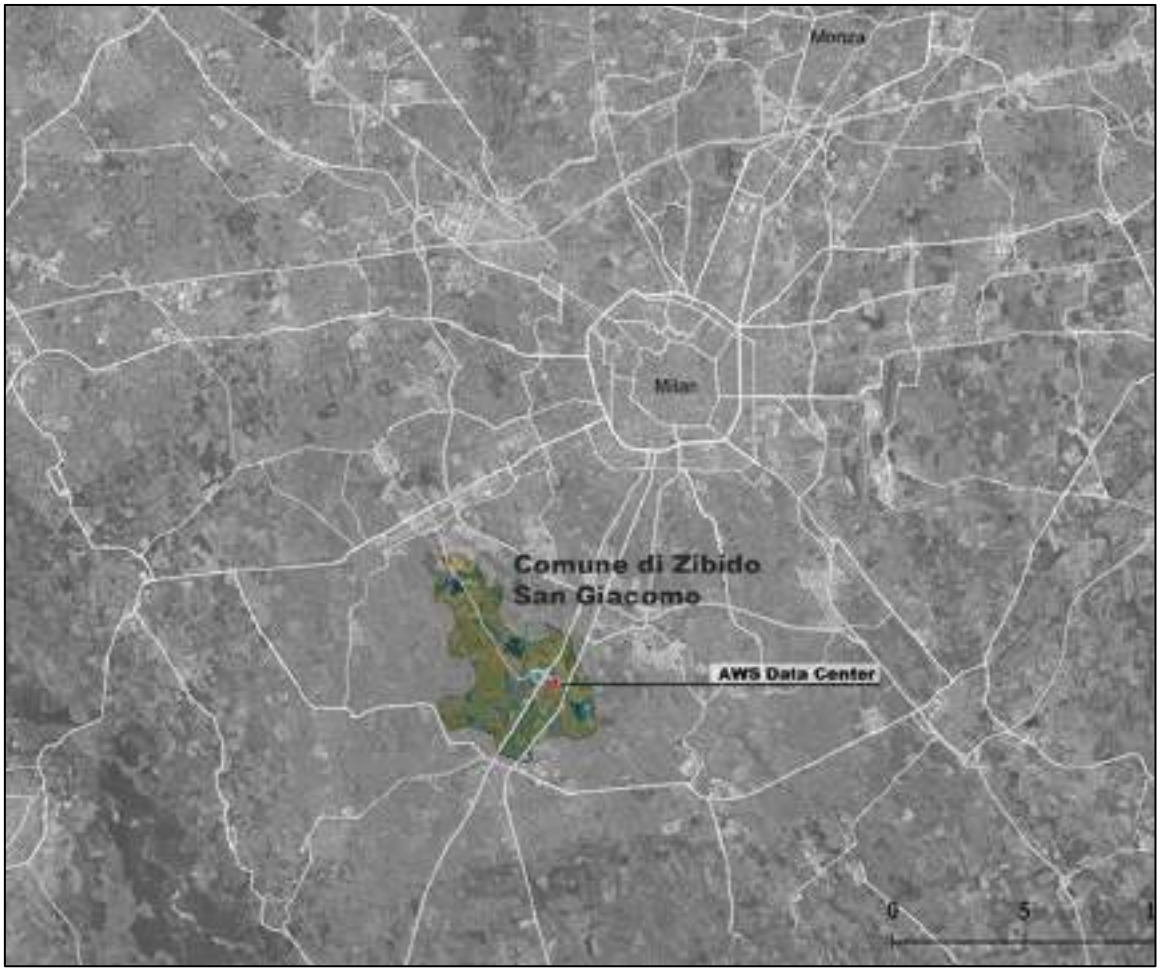


Figura 1-1. Localizzazione del sito in relazione a Milano – nord Italia.

Figura 1-2. Corografia, in rosso il perimetro dell'area in esame – CTR 1:10.000 .

L'area del progetto è localizzata nella zona sud-orientale della località Rinascita, accessibile da Viale Longarone - Via G. Verdi. L'area comprende porzioni libere e aree urbanizzate, precedentemente utilizzate (dal 2017) per trivellazioni a fini di estrazione di gas, successivamente abbandonate per l'insufficiente qualità e quantità del gas. Attualmente, l'area è sgombra dagli impianti e risulta in parte impermeabilizzata.

Figura 1-3. Ortofoto dell'area di studio, in rosso il perimetro dell'area investigata.

2. Inquadramento geologico-geomorfologico

I paragrafi di inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico che seguiranno traggono riferimento dai seguenti documenti:

- "*Relazione illustrativa con allegata Normativa Geologica di Attuazione* " – Variante generale al PGT del Comune di Zibido San Giacomo, redatto dal Dott. Paolo Cerutti nel 2022;
- "*Studio Comunale Di Gestione Del Rischio Idraulico*" – del Comune di Zibido San Giacomo, redatto dall'Ing. Adelio Pagotto e dal Dott. Geol. Paolo Cerutti nel 2022 aggiornato al 2023;
- "*Studio Idrogeologico finalizzato alla definizione degli effetti indotti dalla perforazione di un pozzo esplorativo in Comune di Zibido San Giacomo (MI)*" – redatta da Studio Idrogeotecnico nel 2014.

2.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il territorio del Comune di Zibido San Giacomo (MI) ricade all'interno del Foglio n. 45 "Milano" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

Dal punto di vista geologico, il comune di Zibido San Giacomo è caratterizzato da depositi quaternari di origine fluvioglaciale, riconducibili al Fluvioglaciale Würm. Questi depositi sono costituiti da materiali sciolti composti principalmente da sabbie, ghiaietti e limi sabbiosi e argillosi, disposti in alternanze stratificate o in corpi lenticolari di varia estensione e spessore. Localmente, sono presenti anche banchi argillosi. Tali sedimenti rappresentano la frazione medio-grossolana dei depositi pleistocenici superiori, accumulatisi nella Valle Padana durante la fase parossistica dell'ultima glaciazione würmiana.

A livello areale, questi terreni risultano distribuiti in modo omogeneo su tutto il comune di Zibido San Giacomo, con leggere variazioni locali dovute alla presenza o meno dell'orizzonte superficiale limoso. Quest'ultimo costituisce il primo livello del suolo ed è generalmente interessato dalle coltivazioni diffuse nella zona.

Il territorio comunale di Zibido San Giacomo si colloca nella fascia di transizione tra l'Alta Pianura ghiaiosa e la Bassa Pianura sabbiosa, all'interno della cosiddetta Media Pianura idromorfa. Questa zona è caratterizzata dalla presenza di un contatto litologico tra i depositi grossolani dell'alta pianura e quelli fini della bassa pianura, condizione che favorisce l'emergenza di risorgive (fontanili) o la presenza di una falda freatica superficiale.

Figura 3 1. Stralcio della carta degli elementi geologici e geomorfologici – PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022).

2.2 Inquadramento idrografico e idrogeologico

2.2.1 Idrografia

Il territorio comunale di Zibido San Giacomo è interessato dalla presenza di:

- Naviglio pavese, canale artificiale, di gestione del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi ai sensi dell'Atto della D.G.R. X/883/2013.
- Canali, rogge e fossati di proprietà di consorzi privati, appartenenti al sistema di irrigazione dei terreni agricoli nella municipalità.
- Elementi della rete idrografica minore, come i fontanili, sorgenti naturali che sono state convogliate in corsi d'acqua.

I fontanili e gli altri elementi idrografici sono riportati nella *Carta della Fattibilità delle Opere di Infiltrazione (Tav. 4)* all'interno dello studio condotto dal Comune di Zibido San Giacomo relativo al Rischio Idraulico, in Figura 2-1 è presentato un estratto specifico riferito al sito di progetto e alla sua area circostante. Dall'analisi della cartografia emerge che il Cavo Basiglio, un canale di proprietà privata, delimita i margini meridionale e sud-occidentale del sito.

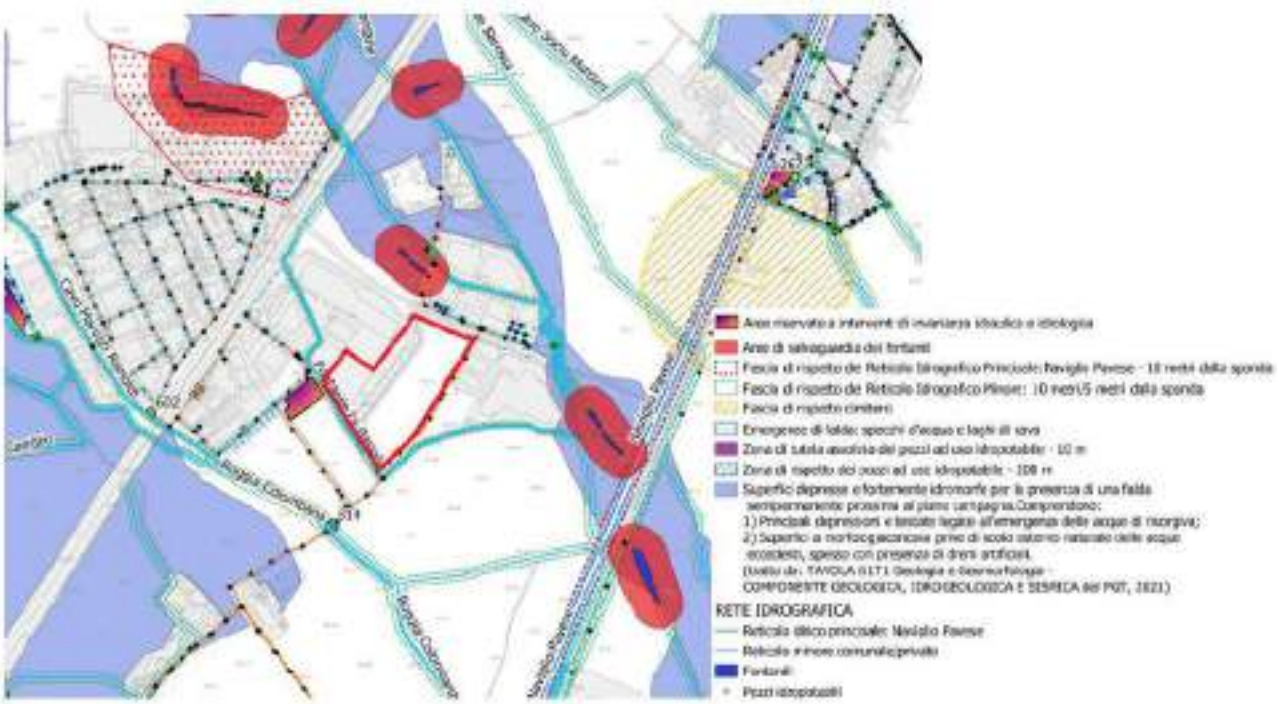


Figura 2-1. Stralcio dello Studio Comunale di Rischio Idraulico - Tav.4 Carta della Fattibilità delle opere di infiltrazione (2023).

2.2.2 Idrogeologia

Le falde acquifere della pianura lombarda, sia superficiali che profonde, sono alimentate prevalentemente da apporti superficiali, quali precipitazioni, irrigazione e corsi d'acqua, nonché da infiltrazioni profonde provenienti da falde ubicate nelle aree montane.

L'alta pianura, costituita da depositi fluvioglaciali a prevalente composizione ghiaiosa, ospita un acquifero freatico indifferenziato che contribuisce direttamente all'alimentazione del sistema multifalda della bassa pianura. Quest'ultima è caratterizzata da una successione stratigrafica complessa, con alternanze di depositi sabbiosi e argillosi, che determinano un sistema di acquifero multifalda.

Quando le acque sotterranee incontrano gli orizzonti impermeabili della bassa pianura, proseguono il loro percorso sotterraneo alimentando il sistema multifalda e, in parte, emergono in superficie creando le risorgive. La fascia delle risorgive si sviluppa longitudinalmente attraverso la pianura padano-veneta, con una maggiore estensione nella sezione nord-occidentale della Val Padana.

La suddivisione delle unità idrostratigrafiche della pianura lombarda, basata sugli studi Regione Lombardia - ENI (2002) e ripresa da Piccin (2009), identifica quattro principali acquiferi (A, B, C e D), separati da tre discontinuità regionali. Discontinuità minori sono state riconosciute localmente, ma non sono associate ad acquiferi di rilevanza regionale. Il Gruppo Idrostratigrafico A corrisponde alla porzione più superficiale dell'acquifero tradizionale (litozona ghiaioso-sabbiosa), generalmente libero. Il Gruppo Idrostratigrafico B include la porzione più profonda, generalmente confinata o semiconfinata (litozona sabbioso-ghiaiosa e conglomeratica). Il Gruppo Idrostratigrafico C si trova nella litozona sabbioso-argillosa (Villafranchiano) dell'acquifero tradizionale profondo, mentre il Gruppo Idrostratigrafico D corrisponde alla litozona argillosa dello stesso.

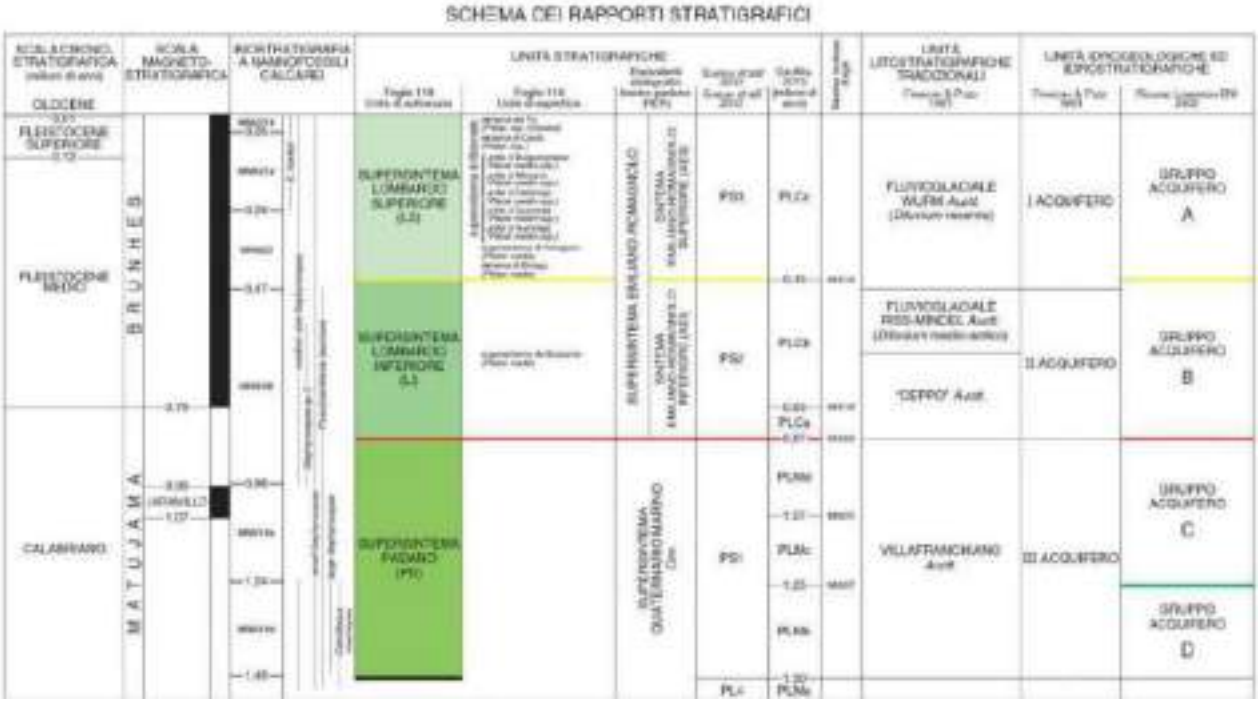


Figura 2-2. Schema dei rapporti stratigrafici e delle unità idrogeologiche definito nell'ambito del progetto CARG - Foglio 118 – Milano.

Le unità idrogeologiche del sottosuolo sono state revisionate dal Piano di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) del 2016, che propone una classificazione tramite criterio idrogeologico più che stratigrafico al fine di identificare la connessione verticale tra i diversi corpi acquiferi e le relazioni con la superficie. La classificazione comprende tre principali unità:

- **ISS** (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), sede dell'acquifero libero comprendente il Gruppo Acquifero A e B, nei settori di alta pianura Lombarda, e la porzione superiore del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A1) nella media e bassa pianura.
- **ISI** (Idrostruttura Sotterranea Intermedia), sede di acquiferi da semiconfinati a confinati, comprendente la porzione profonda del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A2) e il Gruppo Acquifero B presente nella media e bassa pianura.
- **ISP** (Iidrostruttura sotterranea profonda), sede di acquiferi confinati comprendente il Gruppo Acquifero C nei settori di alta e media pianura in cui esso è conosciuto tramite indagini dirette e captato.

La Figura 2-3 mostra un estratto della sezione idrogeologica tratta dal PGT del comune di Zibido San Giacomo, evidenziando, nell'area di interesse, una prima unità idrogeologica ISS con uno spessore di circa 20-30 m. Al di sotto di questa, si osserva una seconda unità ISI, caratterizzata da condizioni di semiconfinamento.

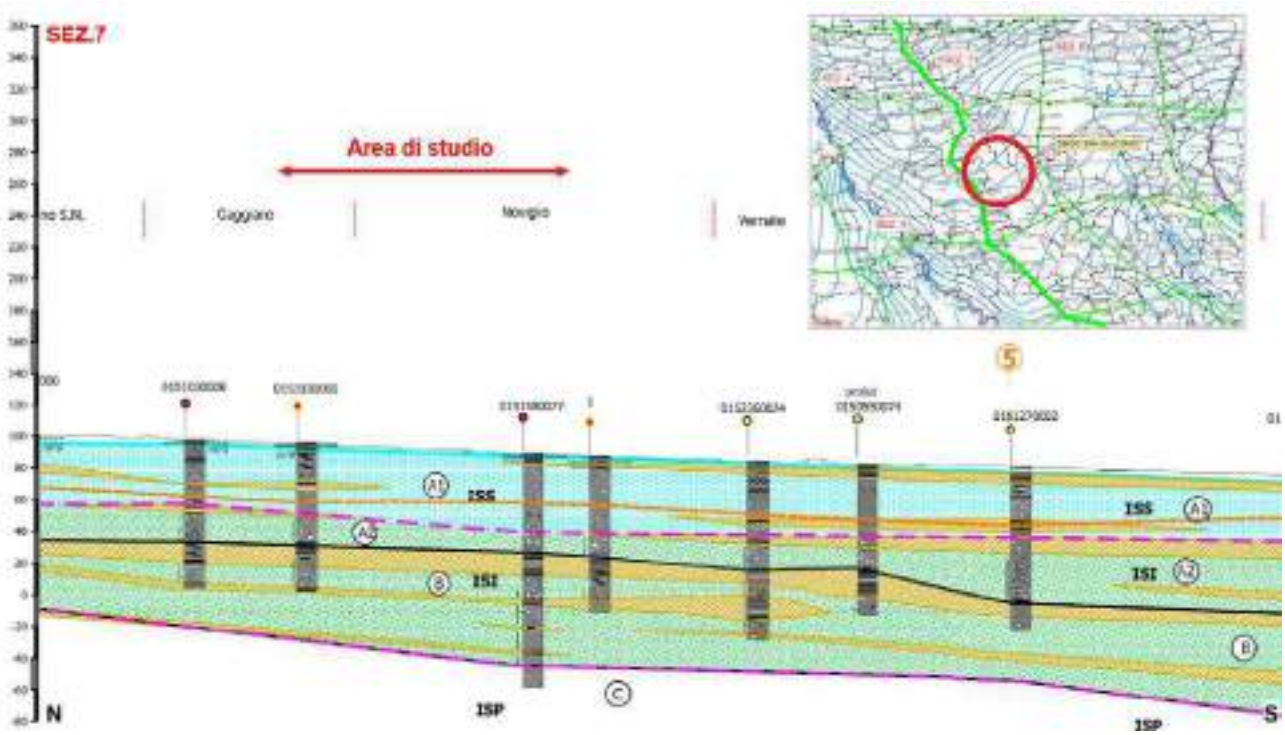


Figura 2-3. Sezione idrogeologica N-S derivata dal PGT del Comune di Zibido San Giacomo - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022).

2.2.3 Soggiacenza

Per la valutazione della soggiacenza della falda sono stati consultati il PGT del Comune di Zibido San Giacomo, lo studio comunale sul Rischio Idraulico (2022) e i dati rilevati nelle diverse campagne geognostiche.

L'andamento della falda freatica nell'acquifero superficiale (Gruppo Acquifero A e/o litozona ghiaioso-sabbiosa) evidenzia un flusso prevalente orientato da Nord-Ovest verso Sud-Est, con un gradiente idraulico medio dello 0,02%, senza variazioni significative nel corso dell'anno. Le quote piezometriche assolute in prossimità dell'area di studio oscillano tra un valore massimo di circa 110 m s.l.m. e un minimo di 97.5 m s.l.m, come riportato in Figura 2-4, sulla base dei dati rilevati nei mesi di maggio e settembre del 2014. L'oscillazione stagionale della falda mostra un'escursione compresa tra 2 e 3 metri nella maggior parte del territorio. L'alimentazione della falda superficiale è influenzata dall'afflusso da monte, dal regime meteorico e dal sistema irriguo del reticolo artificiale di bonifica, il quale, attraverso l'alternanza tra periodi irrigui e di asciutta, condiziona le oscillazioni del livello della falda in un'ampia fascia del territorio.

Per quanto riguarda soggiacenza, come mostrato in Figura 2-5, essa tende a ridursi nel territorio comunale procedendo da Nord-Ovest verso Sud-Est. Nell'area di studio si attesta tra i 1 - 2.5 metri da p.c.

Figura 2-4. Andamento piezometrico superficiale Comune di Zibido San Giacomo - Studio Comunale del rischio Idraulico (2023).

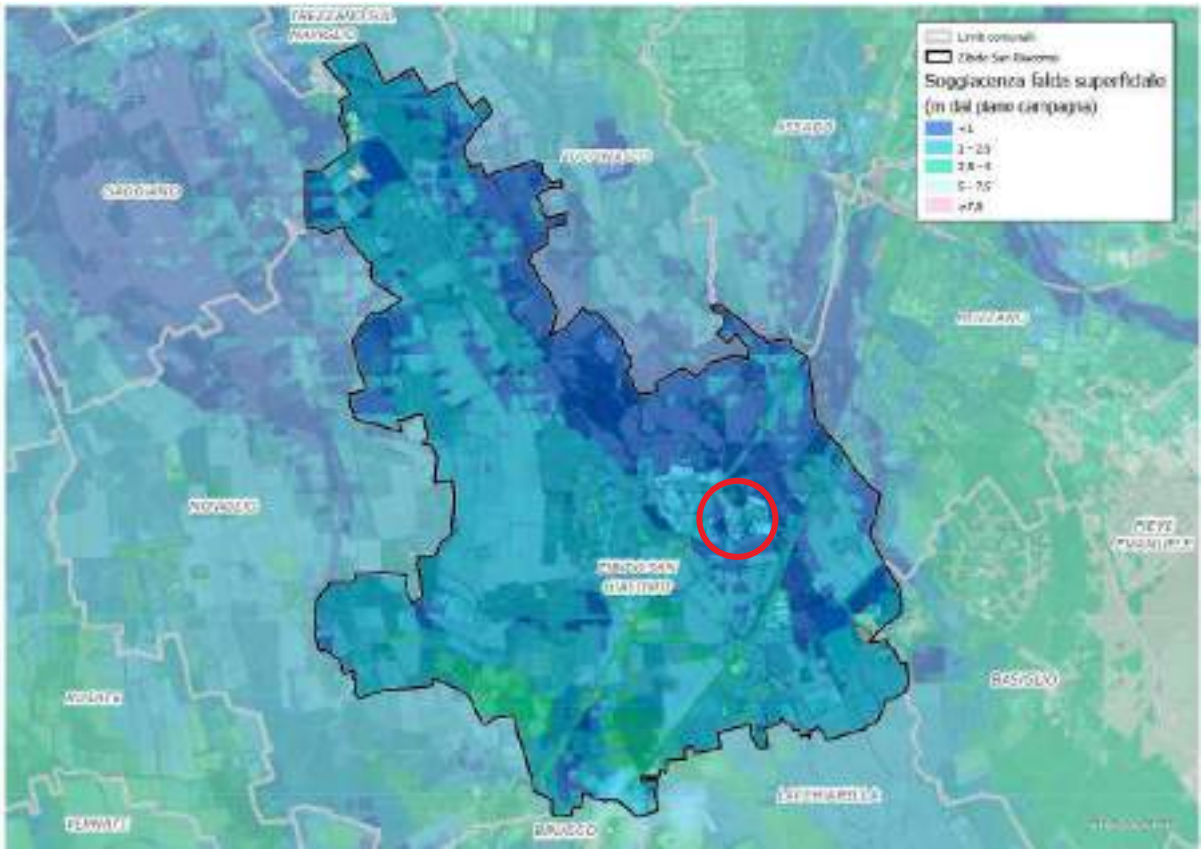


Figura 2-5. Andamento della soggiacenza nel Comune di Zibido San Giacomo - Studio Comunale del rischio Idraulico (2023).

Nel corso delle campagne geognostiche condotte dal 2014 ad oggi, sono stati installati diversi piezometri a varie profondità e sono state effettuate numerose misurazioni per la determinazione della soggiacenza, i cui risultati sono riportati in Tabella 1.

In Figura 2-6 sono rappresentati i piezometri realizzati in sito, unitamente alla ricostruzione dell'andamento piezometrico eseguita da Arcadis (2024) relativa al periodo compreso tra il 2 e il 12 gennaio 2024. Dai dati rilevati, il livello della falda acquifera nell'area di progetto risulta compreso tra 98,5 e 98,7 m s.l.m., corrispondente a una profondità variabile tra 1,7 e 1,9 m rispetto al piano campagna. L'analisi delle misurazioni indica una direzione di flusso orientata da nord-ovest verso sud-est.

Dalle misurazioni del livello della falda si osserva che il valore massimo di soggiacenza registrato è stato pari a 1,24 m dal piano campagna il 18/01/2024, mentre il valore minimo ha raggiunto -2,09 m il 19/12/2024. Tuttavia, tali dati non consentono di ricostruire con certezza la stagionalità dell'andamento piezometrico. Ne consegue che, durante i mesi estivi, in concomitanza con un aumento del livello della falda dovuto all'intensa attività irrigua, potrebbero verificarsi valori di falda superiori rispetto a quelli rilevati.

Ad oggi, non tutti i piezometri rappresentati in Figura 2-6 sono stati individuati in sito. I piezometri ad oggi presenti in sito sono il BH1, BH3, BH4 e PZ1Bis. Si rimanda agli allegati per ulteriori dettagli sui piezometri.

Figura 2-6. Andamento dell'acquifero locale – Arcadis (2024) modificata da Arup (2025).

Tabella 1. Caratteristiche dei piezometri e letture piezometriche.

Data	Piezometro	Profondità (m)	Finestratura (m da p.c.)	Soggiacenza (m da p.c.)
18/01/2024	Sw6-Pz1bis	10	1-10	1.79
18/01/2024	Pz4	30	1-30	1.63
18/01/2024	Pz2 superficial	7	2-6	1.24
18/01/2024	Pz2 deep	23	15-21	1.24
01/2025	BH1	30	24-30	1.86 (98.80 m s.l.m)
01/2025	BH3	30	24-30	2.05 (98.69 m s.l.m)
01/2025	BH4	30	24-30	1.97 (98.79 m s.l.m)

3. Inquadramento sismico

3.1.1 Sismicità storica e contesto geodinamico

Da un punto di vista geodinamico, la sismicità del sito non è riferibile ad alcuna zona sismogenetica, così come evidenziato nella zonazione sismogenetica Z09, riportata in Figura 3-1.

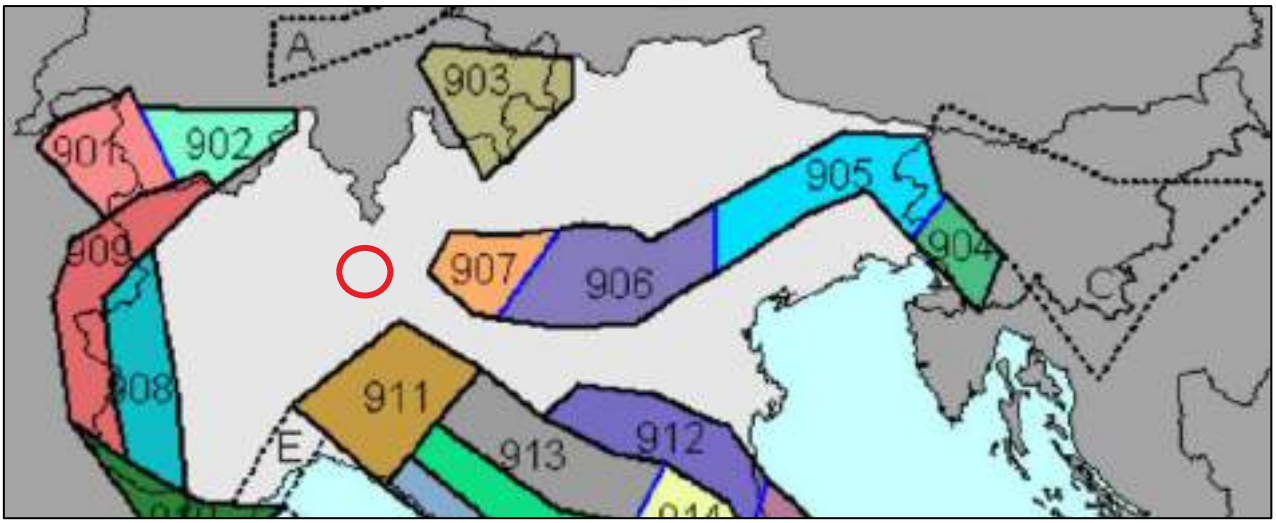


Figura 3-1. Ubicazione del sito di interesse (rosso) – Zonazione sismogenetica Z09

Per l'analisi della sismicità storica dell'area di progetto, sono stati considerati i dati relativi al comune di Zibido San Giacomo presenti nella banca dati macrosismica italiana DBMI15. Tale database raccoglie e riporta eventi sismici registrati nel periodo di osservazione compreso tra l'anno 1000 e il 2020. Dall'analisi della banca dati macrosismica DBMI15, si rilevano effetti sismici registrati per il comune di Zibido San Giacomo in occasione di due eventi:

- Terremoto del 23 febbraio 1887 (Liguria occidentale): con un'intensità macrosismica stimata tra 3-4 nella scala MCS, un'intensità epicentrale Io = 9 e una magnitudo momento Mw = 6.27.
- Terremoto del 2 maggio 1987 (Reggiano): con un'intensità macrosismica di 2 nella scala MCS, un'intensità epicentrale Io = 6 e una magnitudo momento Mw = 4.71.

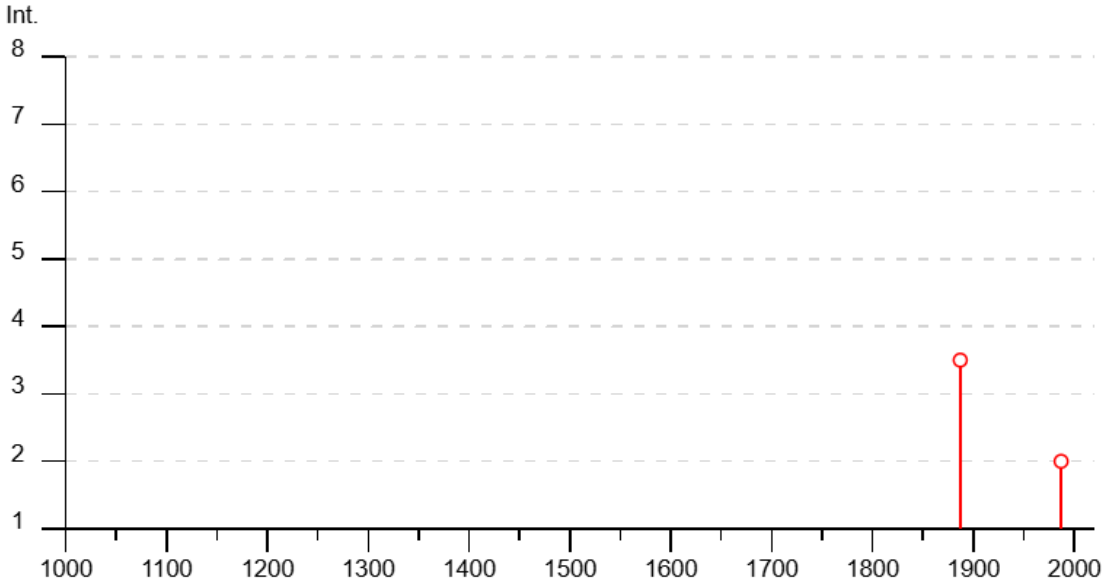


Figura 3-2. Grafico intensità macrosismica-anni per il comune di Zibido San Giacomo (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_14159)

3.1.2 Sismicità di base dell'area

Per quanto concerne la determinazione dei parametri di scuotimento sismico previsti per le aree d'interesse, secondo la Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, la sismicità di base del sito si può determinare in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

L'allegato A delle norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), specifica che la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento deve essere ricavata dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Nella figura seguente sono riportati i valori di accelerazione definiti per i nodi del reticolo di riferimento nazionale ricavato dal sito dell'INGV (https://esse1-gis.mi.ingv.it/), con un estratto di mappa centrato sull'area oggetto di studio.

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

L'area di studio ha un valore di sismicità di base $a_{g(475)}$ pari a 0.051g.

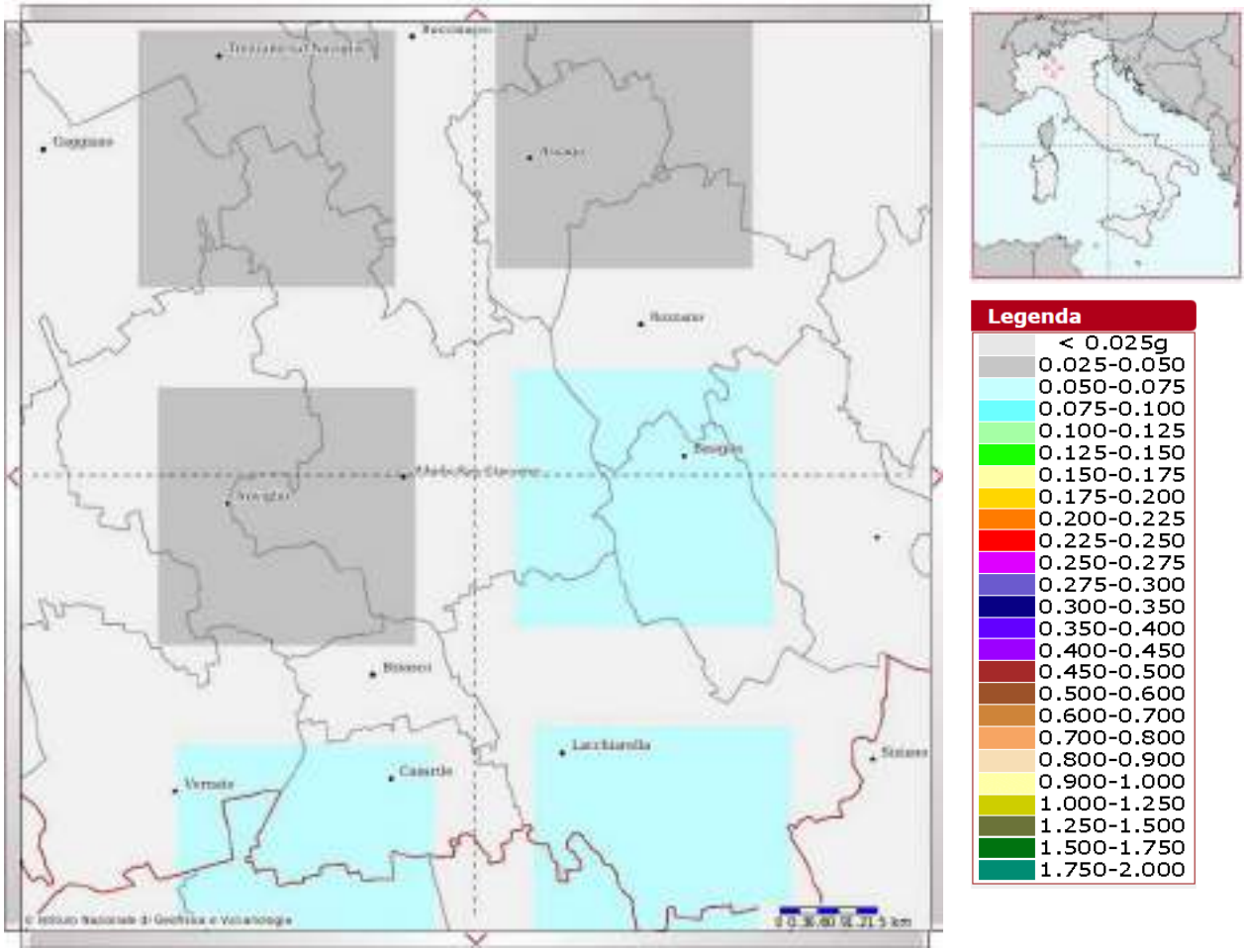


Figura 3-3. Nodi di accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 INGV).

3.1.3 Determinazione Vs30

La determinazione delle Vs30 risulta fondamentale per la definizione dei suoli, secondo l'inquadramento della normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Il D.M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto per gli interventi edificatori prevede una classificazione del suolo di fondazione, ovvero del terreno compreso tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento (bedrock sismico), nelle categorie indicate in Tab. 3.2.II della predetta normativa.

Per tale valutazione sono state utilizzate le seguenti prove:

- N. 2 prove Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) effettuate da Arcadis nel 2023-2024.
- N. 1 prova Down Hole effettuata da SoilData Services nel 2014.

Nella figura seguente si riportano i profili sismici derivanti dalle indagini sopra riportate.

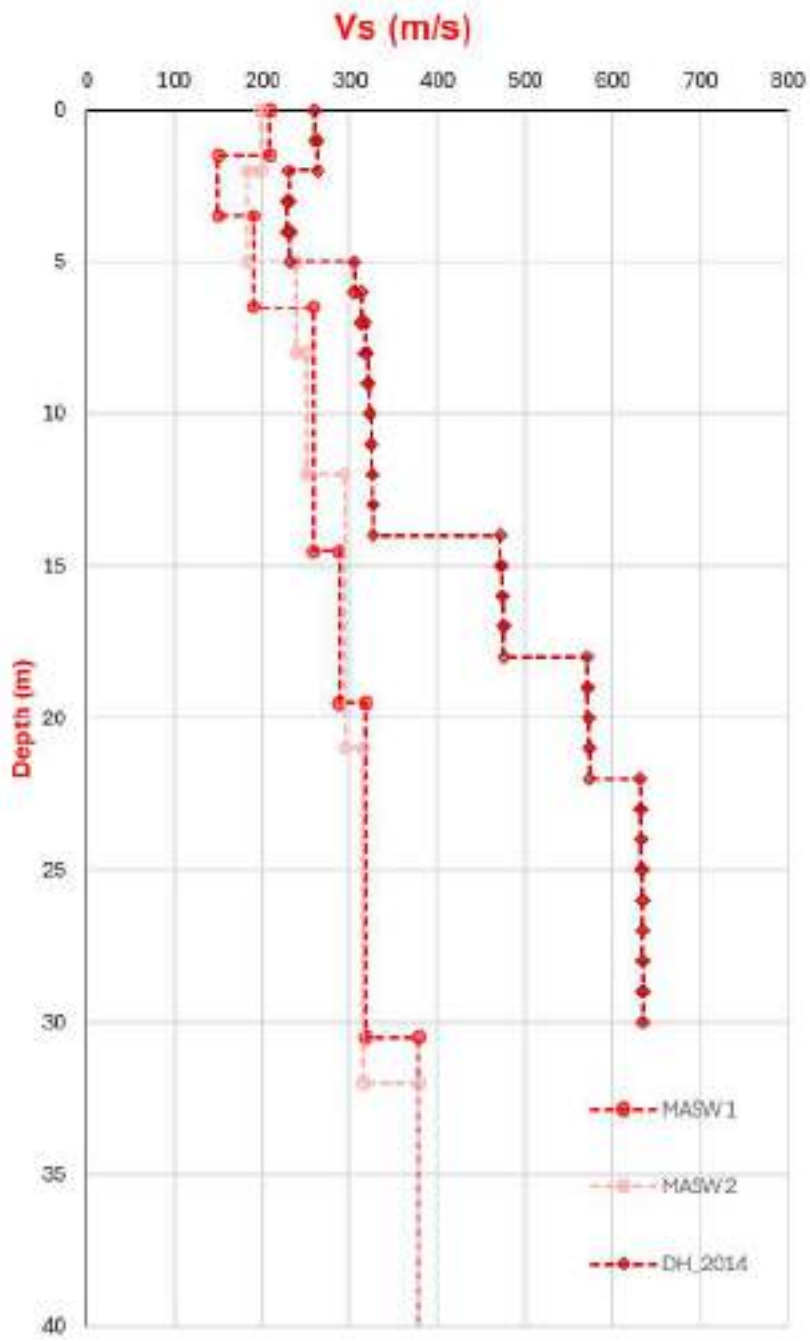


Figura 3-4. Profili sismici derivante dalle indagini in situ.

Al fine di determinare la Vs_{30} per la categoria del suolo è stata utilizzata la prova MASW1 e la Vs risultante è pari a 255 m/s.

I terreni nell'area di studio appartengono alla categoria di suolo assimilabile alla categoria C *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".*

3.1.4 Pericolosità sismica da PGT

In adempimento a quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” e in accordo con la D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica", viene richiesta l’analisi della sismicità secondo le modalità indicate nell’All. 5 della D.G.R. IX/2616/2011. La procedura di 1° livello è un approccio di tipo qualitativo e consente l’individuazione, a partire dalle informazioni già acquisite nella fase di analisi territoriale di base (caratterizzazione geologica e geologico-tecnica), di ambiti areali caratterizzati da specifici scenari di pericolosità sismica locale in cui gli effetti della sollecitazione sismica di base attesa sono prevedibili con sufficiente approssimazione.

Secondo la classificazione sismica vigente il comune di Zibido San Giacomo è classificato in Zona Sismica 3.

La carta della pericolosità sismica locale allegata alla componente geologica del PGT di Zibido San Giacomo evidenzia che il sito di intervento ricade nello scenario di pericolosità **Z4a-** *Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi).*

Figura 3-5. Carta di pericolosità sismica locale, in rosso l’area di studio - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022).

Per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica sito specifica, la procedura di cui al punto 1.4.4 dell’Allegato B alla D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616 “Sintesi delle procedure”, prevede l’applicazione di tre livelli di approfondimento sismico con grado di dettaglio crescente in funzione della zona sismica di appartenenza, come illustrato nella tabella seguente.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Nel caso specifico, poiché l'intervento in progetto si trova in un Comune classificato come zona sismica 3 e rientra nell'area di PSL Z4a, si è proceduto all'Analisi sismica di secondo livello e al calcolo del Fattore di amplificazione (Fa).

3.1.5 Analisi sismica di 2° Livello

Per determinare i valori di Fa relativi agli effetti litologici, sono stati utilizzati i risultati delle indagini MASW condotte da Arcadis nel periodo 2023-2024 riportate nel paragrafo 3.1.3. L'elaborazione è stata effettuata mediante l'impiego di schede specifiche fornite dalla Regione Lombardia.

Attraverso queste indagini è stato calcolato il valore del Fa, il quale è stato confrontato con i limiti di riferimento stabiliti dalla Regione Lombardia. Le tabelle associate riportano i valori di Fa relativi: nel primo caso per strutture a basso impatto (massimo 4 piani), nel secondo caso per strutture alte e flessibili (5 o più piani), suddivisi per ogni tipo di suolo identificato dalla Regione Lombardia nel comune di Zibido San Giacomo (MI).

Tabella 2. Soglie comunali per i Fa sismici.

Tipologia di struttura	INTERVALLO	Fa - Valori soglia			
		B	C	D	E
Strutture a basso impatto (massimo 4 piani)	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
Strutture alte e flessibili (5 o più piani)	0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Per la determinazione del valore di Fa, è stata calcolata la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio (Vs,eq). L'identificazione della litologia prevalente del sito è stata effettuata mediante l'analisi dei dati geotecnici locali e delle distribuzioni granulometriche, consentendo la selezione della scheda di riferimento più appropriata, in conformità con la D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011. Per il sito in esame, è stata adottata la curva corrispondente alle granulometrie sabbiose (Figura 3-6).

L'analisi dell'andamento delle velocità Vs evidenzia che i valori ottenuti si posizionano al di sopra della linea nera, la quale separa il campo di validità da quello di non validità, confermando così l'applicabilità della scheda selezionata per la determinazione del valore di Fa.

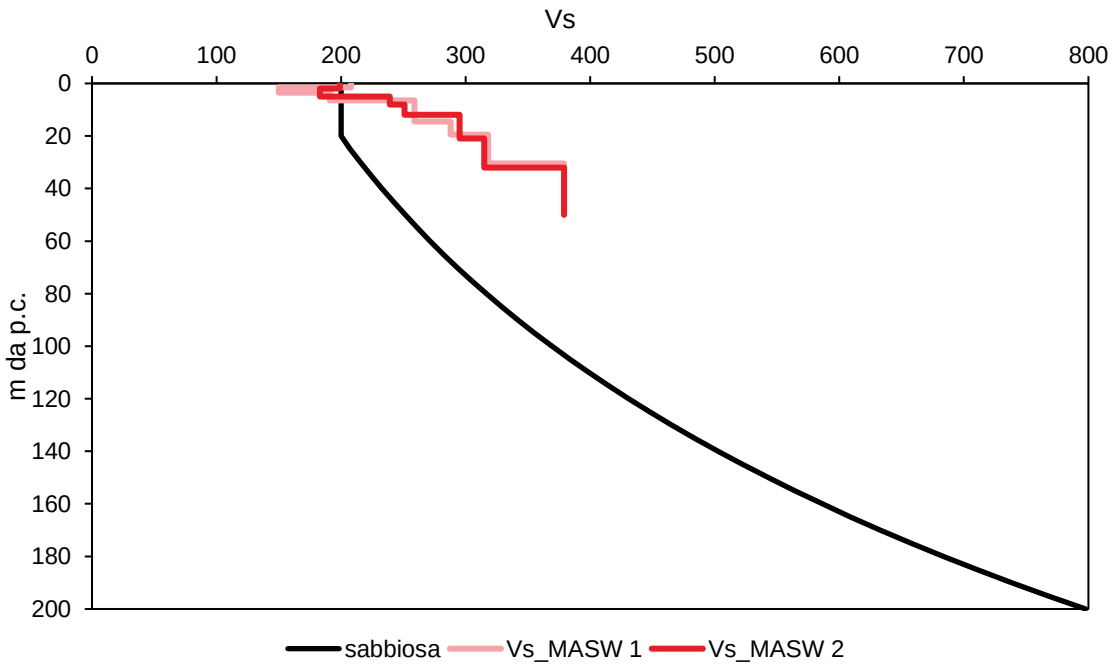


Figura 3-6. Grafico relativo alla litologia sabbiosa a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo di terreno in base alle Vs.

Per l'applicazione corretta dell'abaco riportato in Figura 3-7, utilizzato per la selezione della curva di riferimento necessaria alla determinazione del Fa, viene imposto il vincolo secondo cui il primo strato deve presentare uno spessore minimo di 4 m con una velocità Vs di almeno 200 m/s. Nel caso in cui lo strato superficiale abbia uno spessore inferiore a 4 m, si ricorre all'individuazione di uno strato superficiale equivalente, assegnandogli una velocità Vs calcolata come media pesata delle velocità Vs degli strati superficiali la cui somma superi i 4 m di spessore. Una volta determinati lo spessore e la velocità Vs del primo strato, questi valori vengono riportati nell'abaco (Figura 3-7,) per identificare la curva di riferimento necessaria per la determinazione del valore di Fa.

Il valore di Fa così ottenuto viene confrontato con i valori di riferimento riportati in letteratura, in funzione della tipologia strutturale considerata:

- Intervallo 0,1-0,5 s: strutture relativamente basse, regolari e rigide;
- Intervallo 0,5-1,5 s: strutture più alte e flessibili.

Nel caso in esame, la media pesata delle velocità Vs entro i primi 5 m di profondità dal piano campagna è risultata pari a 176 m/s. Tale valore è assimilabile a 200 m/s, in quanto la normativa (D.G.R. IX/2616) specifica che la velocità Vs dello strato superficiale indicata nella scheda deve essere considerata come valore massimo per ciascun intervallo di riferimento.

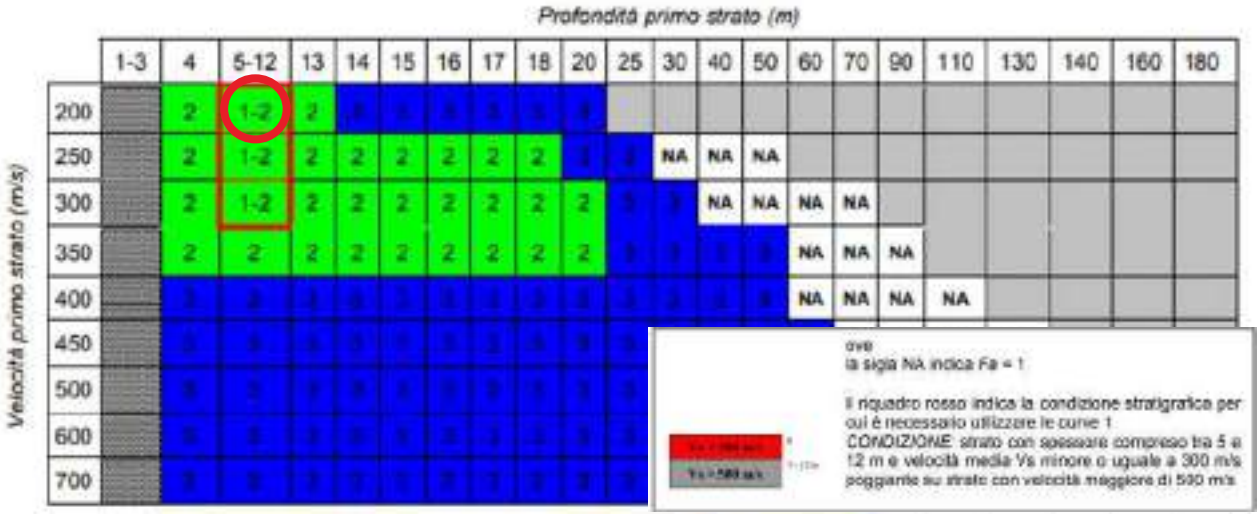


Figura 3-7. Abaco per la definizione, in base al colore, della curva di riferimento per l'individuazione di Fa, tramite intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità.

Il periodo proprio del sito T, necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, viene calcolato considerando l'intera stratigrafia fino alla profondità in cui la velocità delle onde di taglio Vs raggiunge o supera il valore di 800 m/s o fino ai 30m in caso di Vs<800 m/s. Il calcolo avviene applicando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

dove hi e Vsi rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità dello strato iii-esimo del modello stratigrafico.

Il T calcolato per il sito in esame è pari a T=0.45s.

La procedura prevede la determinazione del valore di Fa mediante le schede di valutazione e il successivo confronto con il valore di soglia, tenendo in considerazione una variabilità di ±0,1, al fine di includere l'incertezza associata al calcolo di Fa.

Dall'analisi degli abachi, il valore del periodo proprio del sito T=0.45 identifica, sulla curva verde, un valore di Fa pari a:

- 1.4-1.6 per strutture basse e rigide (intervallo di periodo 0.1-0.5 s), rispetto a un valore di riferimento per suoli di tipo C pari a 1,8;
- 1.6-1.8 per strutture alte e flessibili (intervallo di periodo 0.5-1.5 s), rispetto a un valore di riferimento per suoli di tipo C pari a 2.4.

Poiché in entrambi i casi il valore di Fa calcolato risulta inferiore al valore di soglia, si conclude che, in conformità alla normativa vigente (D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011), lo spettro di risposta sismica previsto per suoli di tipo C è adeguato a rappresentare l'amplificazione reale del sito.

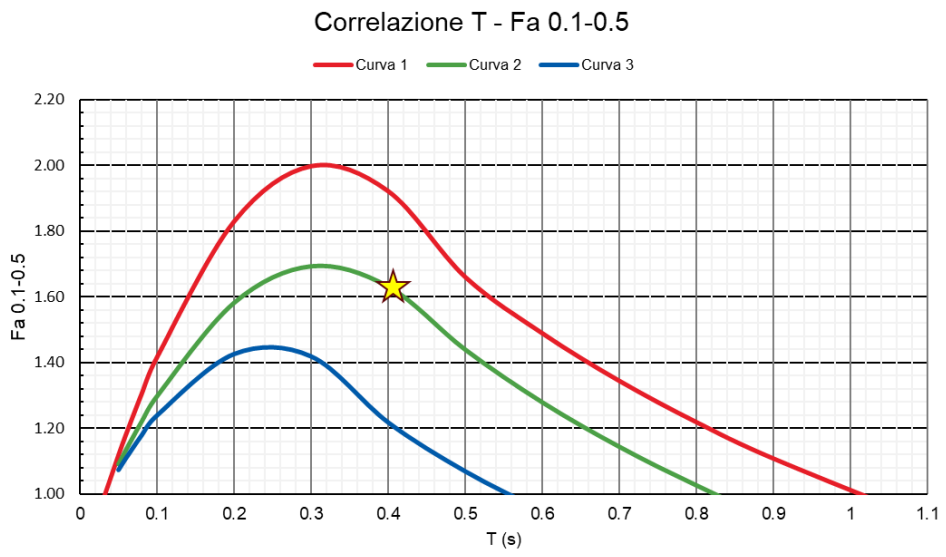


Figura 3-8. Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito a strutture basse).

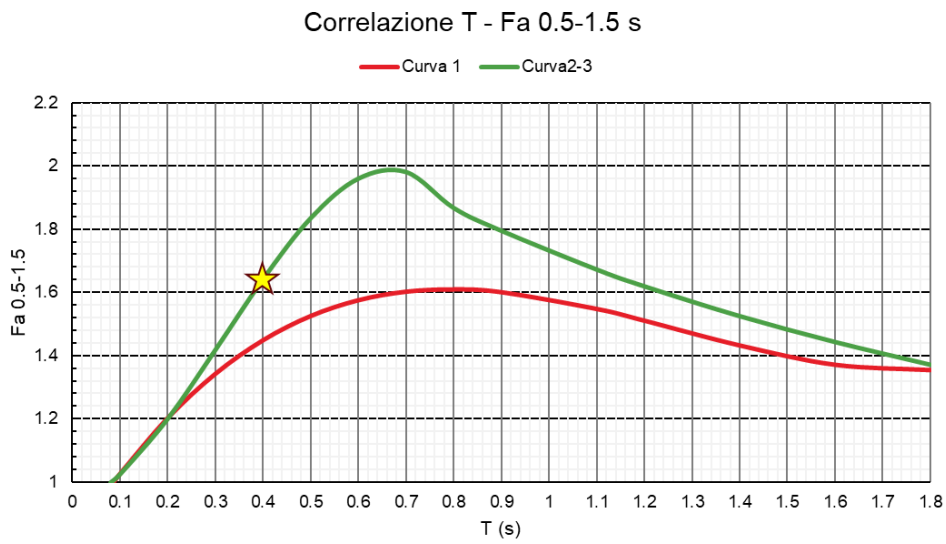


Figura 3-9. Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito a strutture alte).

3.1.6 Parametrici sismici

L'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 ha introdotto un approccio alla classificazione sismica di tipo sito dipendente, ovvero i parametri significativi della zona devono essere calcolati in base a misure dirette ed elaborati secondo metodi semplificati che tengano conto delle possibili amplificazioni locali dovute alla stratigrafia e alla topografia. Questo approccio è stato confermato dal D.M. 17.01.2018.

Per quanto concerne la determinazione dei parametri di scuotimento sismico dell'area di progetto, facendo riferimento al D.M. 17/01/18 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", la sismicità di base del sito è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento nazionale, le cui coordinate sono le seguenti:

Sito in esame

- latitudine: 45,3655°
- longitudine: 9,1277°

Sito di riferimento

	Latitudine [°]	**Longitudine [°]**	**Distanza [m]**
Sito 1	45.3543	9.0825	3,747
Sito 2	45.3569	9.1535	2,234
Sito 3	45.4,68	9.1499	4,902
Sito 4	45.4,43	9.0788	5,753

Secondo quanto prescritto dal capitolo 2.4.2 delle NTC2018, l'edificio è classificato in Classe II. Tuttavia, a seguito di una specifica richiesta del Cliente al fine di garantire un livello di sicurezza superiore rispetto agli standard normativi, è stata adottata la Classe IV per il dimensionamento strutturale.

Per la scelta dei parametri progettuali è stato assegnato ai manufatti una vita nominale V_N (2.4.1 - NTC2018) di 50 anni e una classe d'uso "IV", a favore di sicurezza per la progettazione come sopra definito. Ne consegue che la vita di riferimento V_R per le azioni sismiche è pari a $V_N \times$ Cu (coefficiente d'uso = 2 per classe d'uso IV) = 100 anni. La condizione topografica al contorno è T1, propria dei terreni pianeggianti.

Per le opere in progetto i parametri sismici di base al bedrock sismico assumono i seguenti valori:

Stato Limite	**Tr [anni]**	**a_g [m/s^2]**	**Fo**	**Tc* [s]**
Operatività (SLO)	60	0.26	2.55	0.20
Danno (SLD)	101	0.31	2.57	0.22
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.59	2.68	0.30
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.71	2.74	0.31

Dove ag = accelerazione orizzontale massima al sito,

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

Tc = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

3.1.7 Liquefazione

Il Decreto Ministeriale 17.01.2018 stabilisce che il sito deve essere stabile nei confronti della liquefazione, cioè dei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Il fenomeno della liquefazione si manifesta in presenza di depositi sabbiosi e sabbioso-limosi saturi che, durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino a che la nuova configurazione del terreno non sia compatibile con la diminuita resistenza al taglio.

Ai sensi delle NTC2018 i terreni di fondazione sono da non ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in occasione dell'evento sismico e la verifica a liquefazione può essere omessa quando si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

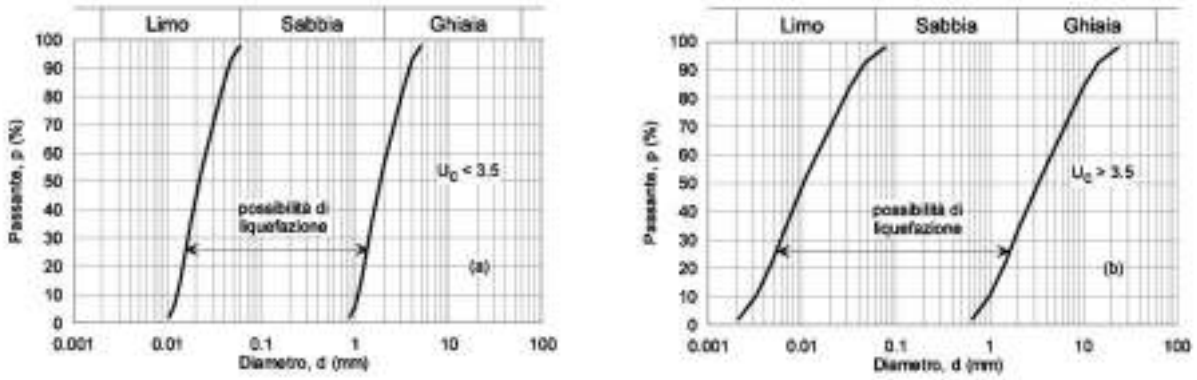


Figura 3-10. Fusi granulometrici suscettibili a liquefazione

L'accelerazione orizzontale massima del suolo attesa è inferiore alla soglia di 0.1g stabilita al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018. Alla luce di questa considerazione, è possibile affermare che la verifica di rischio di liquefazione per l'area in esame può essere omessa.

4. Regime vincolistico e fattibilità geologica

Vengono qui esaminate le relazioni dell'area di intervento con gli aspetti relativi ai vincoli idrogeologici e alla fattibilità geologica desunti dalla componente geologica, idrogeologica e sismica redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011 a supporto del Piano del Governo del Territorio del Comune di Zibido San Giacomo.

4.1 Carta dei vincoli

La quasi totalità dell'area di indagine non presenta vincoli, come evidenziato in Figura 5.1, derivata dalla carta dei vincoli della componente geologica del PGT vigente. Tuttavia, nella porzione ovest/sud-ovest, l'area risulta confinante con il Cavo Basiglio, il quale è soggetto a una fascia di rispetto di 10 metri, che interessa parzialmente il sito. All'interno di questa fascia, sono vietate tutte le nuove costruzioni, ad eccezione di quelle finalizzate al miglioramento dello stato idraulico. Per maggiori dettagli, si rimanda al Capitolo 5.3 Fattibilità.

Figura 4-1. Carta dei vincoli geologico-ambientali - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022).

4.2 Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

Il PGRA è uno strumento operativo previsto dalla legge italiana (d.lgs. n. 49 del 2010) che attua la Direttiva Europea 2007/60/CE, nota come "Direttiva Alluvioni".

Il PGRA serve a individuare e programmare azioni per ridurre le conseguenze negative delle alluvioni su salute umana, territorio, beni, ambiente, patrimonio culturale e attività economiche e sociali.

Il PGRA è stato approvato con DPCM 27 ottobre 2016 e costituisce uno stralcio funzionale del Piano di Bacino del distretto idrografico padano. In Lombardia, le disposizioni regionali sull'attuazione del PGRA sono state approvate con d.g.r. X/6738/2017.

Il PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del 2022, aggiornato con modifiche ad alcune aree allagabili con Decreto SG ADBPO n. 58 del 26/8/2024) fornisce una valutazione del pericolo di alluvione, basata su modelli idrologici di 3 scenari associati a eventi con probabilità di criticità crescente:

- bassa probabilità: alluvioni rare con T = 300-500 anni
- media probabilità: alluvioni poco frequenti con T = 100-200 anni
- alta probabilità: alluvioni frequenti con T = 20-50 anni.

Come mostrato nella Figura, il sito di progetto edificio, non rientra in alcuna zona classificata come a rischio di alluvione secondo il PGRA. L'area con il rischio di alluvione più elevato nelle vicinanze si trova a 1,6 km dal sito di progetto edificio A, all'interno del complesso residenziale del comune di Zibido San Giacomo.

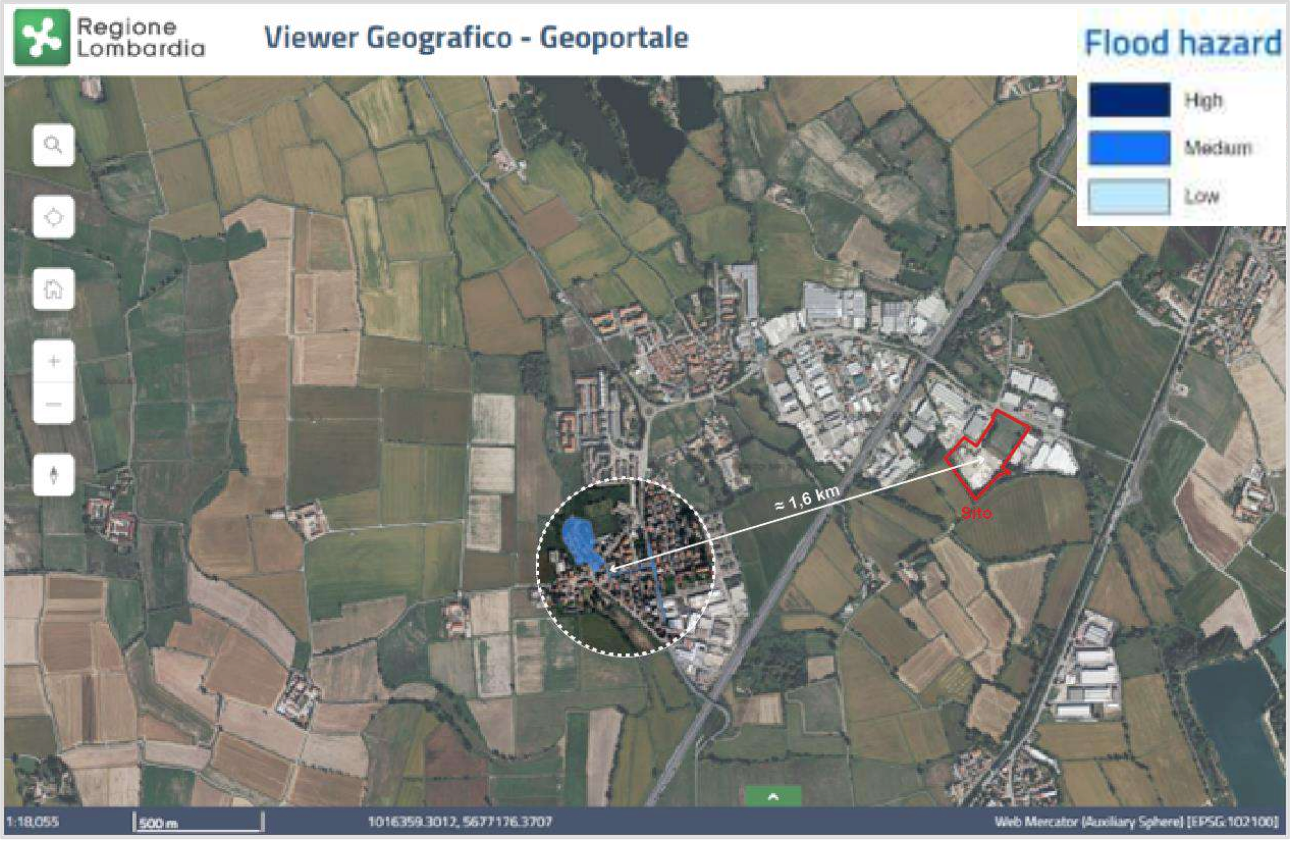


Figura 4-2. Mappa del PGRA - Geoportale Regione Lombardia.

4.3 Fattibilità geologica e norme di piano

Secondo la classificazione di fattibilità (come stabilito dalla normativa regionale D.G.R. 22/12/05 n. 8/1566) del Piano di Governo del Territorio di Zibido San Giacomo, l'area di studio ricade per la quasi totalità della sua superficie nella Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni (vedi Figura 4-3).

Le aree incluse in Classe 2 sono soggette a un vincolo derivante dalla presenza del Parco Agricolo Sud Milano. Inoltre, è necessario considerare una limitazione legata alle sfavorevoli caratteristiche geotecniche dei terreni, sono infatti raccomandate l'esecuzione di approfondimenti geologico-tecnici preliminari a qualsiasi intervento edilizio o infrastrutturale.

Nella zona meridionale, in prossimità del Cavo Basiglio, il territorio ricade nella Classe 4a - Fattibilità con gravi limitazioni. Nel PGT vigente, le limitazioni sono considerate gravi per la modifica delle destinazioni d'uso dei terreni nelle fasce di rispetto lungo i corsi d'acqua del reticolo idrico principale e minore.

Per le aree in Classe 4, si applicano le prescrizioni specifiche che escludono qualsiasi nuova edificazione, ad eccezione degli interventi finalizzati al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica della zona, al fine di garantirne la sicurezza. Ogni intervento dovrà essere preceduto da un'adeguata analisi idrologica e idraulica. In particolare, per le suddette aree, sono necessari interventi specifici, da definire attraverso ulteriori indagini relative alle problematiche idrauliche, come indicato nell'Allegato n. 4 della D.G.R. 22/12/05 n. 8/1566, al fine di determinare le prescrizioni dettagliate per l'utilizzo del suolo.

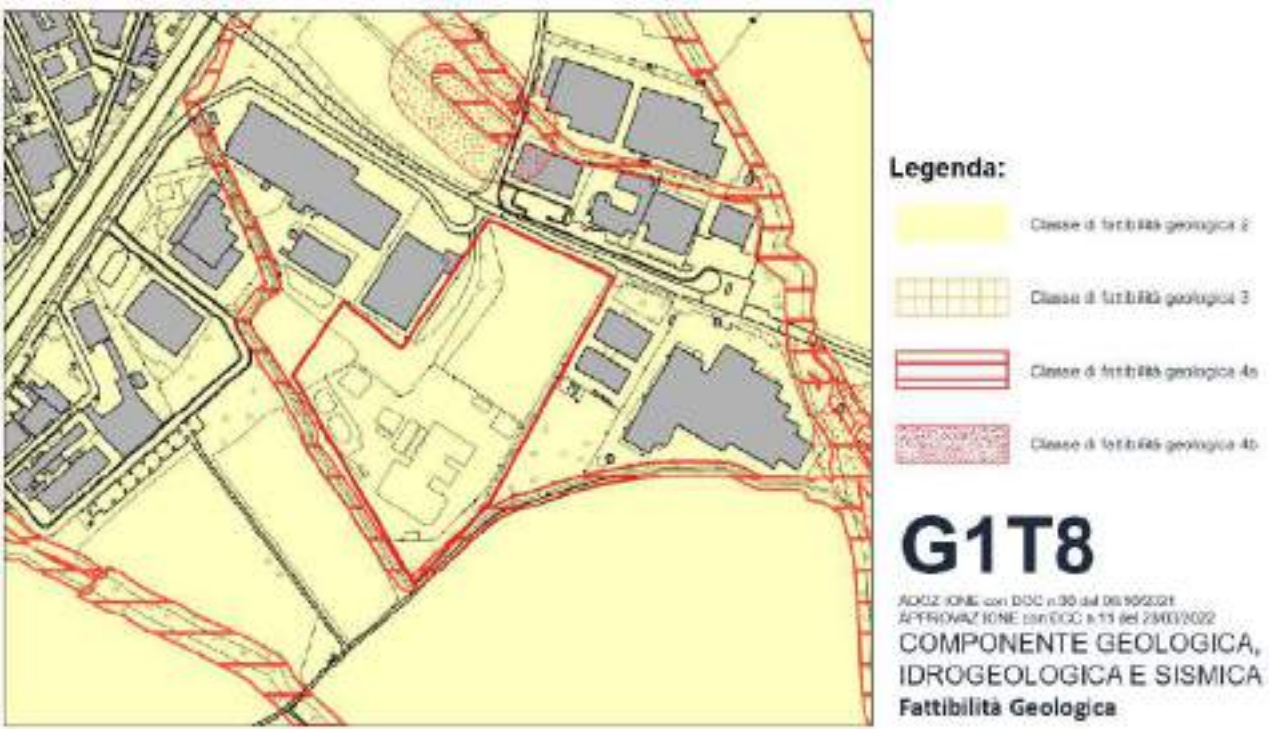


Figura 4-3. Carta di Fattibilità - PGT Comune di Zibido San Giacomo (2022).

5. Modello geologico

Per la caratterizzazione geotecnica e il modello geologico del sottosuolo si fa riferimento ai risultati ottenuti dai seguenti documenti:

- Campagna indagini del 2014 eseguita dalla società SoilData Services Srl;
- Site Due Diligence – Phase II geotechnical Investigation eseguita dalla società Arcadis nel 2023-2024.
- I dati geognostici sono stati ulteriormente integrati da una campagna di indagini condotta, per conto e sulla base di specifiche di Arup, da Schinelli Consulting srl nel 2024-2025.

Le indagini effettuate sono riportate in planimetria in Figura 5-1, si rimanda agli allegati per le specifiche delle diverse campagne indagine.

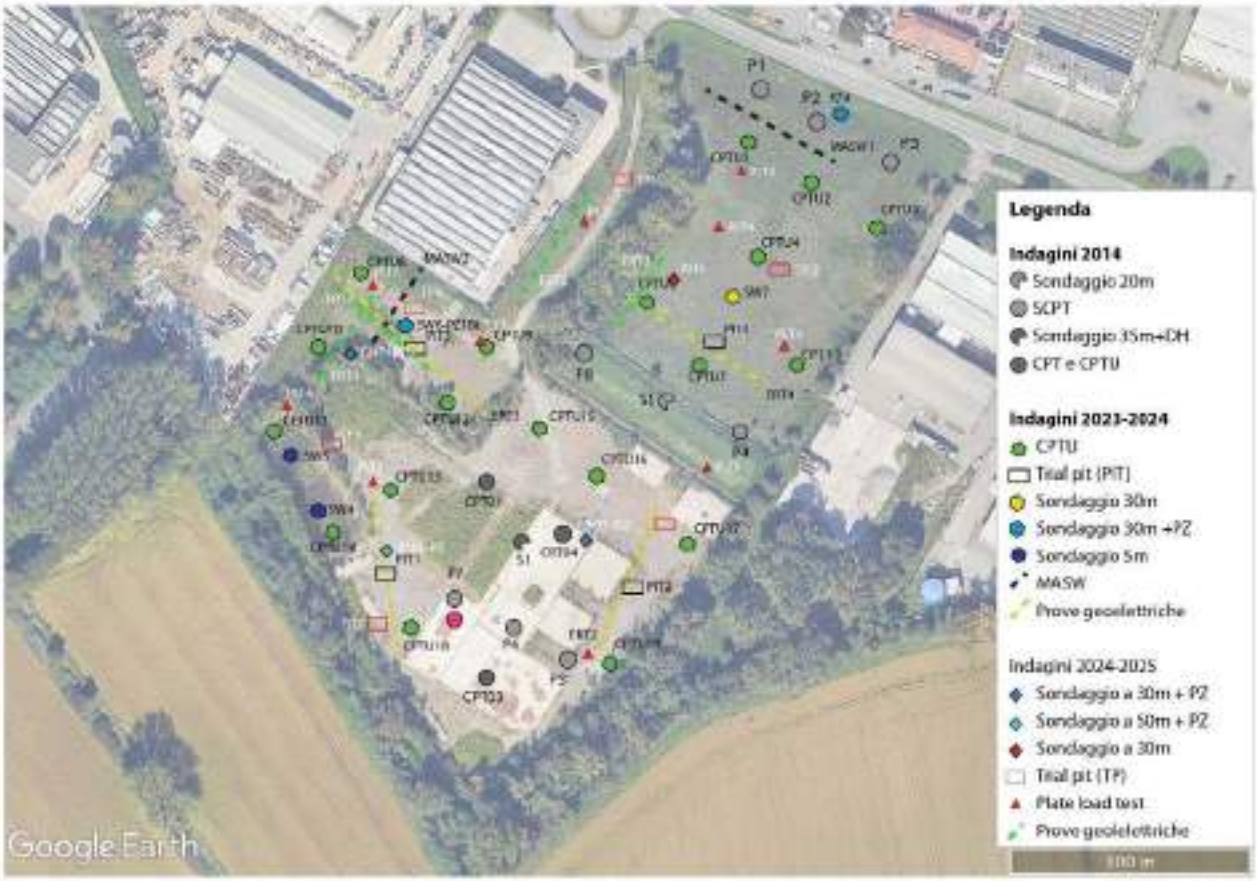


Figura 5-1. Posizionamento delle indagini geognostiche e sismiche dell'area in esame.

Nei seguenti capitoli è riportata una sintesi degli elementi necessari al fine della definizione della stratigrafia e delle sue caratteristiche principali. Si rimanda alla Relazione Geotecnica per ulteriori approfondimenti sui parametri geotecnici.

5.1 Analisi Granulometrica

Le analisi granulometriche condotte sui campioni prelevati durante le diverse campagne di indagine sono state raccolte nel presente capitolo, con l'obiettivo di determinare la distribuzione granulometrica dei vari strati e di valutare il comportamento dei terreni in termini di coesione o granularità. Le curve granulometriche sono riportate in Figura 5-2, mentre in Tabella 3 sono indicati i valori percentuali dei singoli frazionamenti e la nomenclatura dei campioni secondo la classificazione AGI 1977.

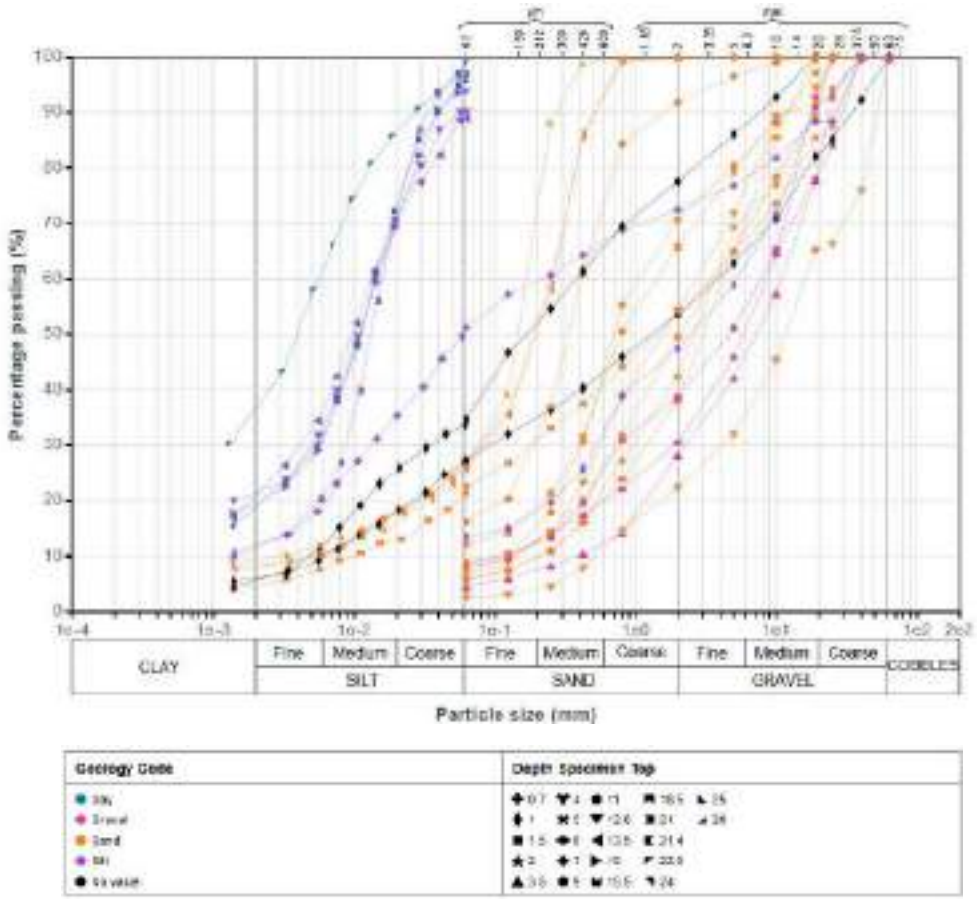


Figura 5-2. Curve granulometriche dei campioni raccolti nelle diverse indagini, differenziati per natura dei depositi e profondità.

Tabella 3. Classificazione e nomenclatura delle analisi granulometriche effettuate, sono stati evidenziati in grigio i campioni con materiale coesivo.

Sondaggio	Profondità da	Profondità a	Granulometria				Classificazione AGI (1977)
			Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	
No.	m da p.c.	m da p.c.	%	%	%	%	Nomenclatura
Sw6 CR1	0.7	1.3	28	21	40	11	Limo con ghiaia sabbioso
Sw4 CR1	1	1.5	46	26	22	6	Ghiaia con sabbia e limo
Sw5 CR1	1	1.5	22	43	30	5	Sabbia con limo ghiaiosa
SW7 CR1	1	1.5	53	33	14	0	Ghiaia con sabbia debolmente limosa
PZ4 CR1	1.5	2.5	61	30	9	0	Ghiaia con sabbia debolmente limosa
Sw6 CR2	2	3	58	36	6	0	Ghiaia con sabbia debolmente limosa
S1_2014 – C1	3.5	4	46.7	48.1	3.8	1.4	Ghiaia con sabbia
Sw5 CR2	3.5	4.5	72	24	4	0	Ghiaia sabbiosa
Sw4 CR2	4	4.5	46	48	6	0	Sabbia con ghiaia debolmente limosa
SW7 CR2	4	5	78	19	3	0	Ghiaia sabbiosa
PZ4 CR2	5	6	34	54	12	0	Sabbia con ghiaia limosa
SW7 CR3	6	6.5	62	32	6	0	Ghiaia con sabbia debolmente limosa
Sw6 CR3	7	8	50	42	8	0	Ghiaia con sabbia debolmente limosa
S1_2014 – C2	7.5	8	10.8	69.7	10.4	9.1	Sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa
PZ4 CR3	9	10	29	62	9	0	Sabbia con ghiaia debolmente limosa
SW7 CR4	11	12	8	76	16	0	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa

Sondaggio	Profondità da	Profondità a	Granulometria				Classificazione AGI (1977)
			Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	
S1_2014 – C3	13	13.5	18.5	57.2	17	7.3	Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa
PZ4 CI1	13.5	14	0	11	67	22	Limo argilloso debolmente sabbioso
SW6 CI1_1	15	15.25	0	6	74	20	Limo argilloso debolmente sabbioso
SW6 CI1_1	15.25	15.5	0	32	53	15	Limo con sabbia argilloso
PZ4 CR4	15.5	16.5	69	23	8	0	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa
S1_2014 – C4	18	18.5	29.8	52.9	12.2	5.1	Ghiaia e sabbia limosa debolmente argillosa
SW7 CR5	12.6	13.3	0	10	72	18	Limo argilloso debolmente sabbioso
SW7 CR6	18.5	19.5	47	31	18	4	Ghiaia con sabbia limosa
SW7 CI1	21	21.5	0	3	85	12	Limo argilloso
S1_2014 – C5	21.3	21.6	1.5	15.4	58.7	24.4	Limo argilloso sabbioso
PZ4 CR5	21.4	21.8	0	4	77	19	Limo argilloso
SW6 CI2	22.5	23	0	1	62	37	Limo con argilla
SW7 CR7	24	25	0	74	18	8	Sabbia limosa
PZ4 CR6	25	26	0	74	16	10	Sabbia limosa
SW6 CR4	26	27	0	73	16	8	Sabbia limosa debolmente argillosa
S1_2014 – C6	27.3	27.6	1	67.2	21	10.8	Sabbia limosa argillosa
S1_2014 – C7	33.5	34	0	91.8	6.1	2.1	Sabbia debolmente limosa

5.2 Resistività elettrica

L'indagine geoelettrica è stata condotta mediante l'esecuzione di quattro stese di tipo SEV (Sondaggi Elettrici Verticali), identificate con le sigle SEV1, SEV2, SEV3 e SEV4. Le misure sono state effettuate utilizzando una configurazione elettrodica di tipo Wenner.

È importante sottolineare che le indagini geoelettriche non sono state eseguite nell'area del sito in cui è presente la geomembrana in HDPE, poiché quest'ultima avrebbe alterato significativamente i dati acquisiti. La sua influenza avrebbe infatti determinato un incremento artificiale delle resistività apparenti, rendendo i valori ottenuti non rappresentativi delle reali caratteristiche del terreno.

La presenza di una falda poco profonda, combinata con una componente limosa frequentemente riscontrata nei depositi superficiali di origine antropica, tende a mitigare l'aumento tipico dei valori di resistività apparente al ridursi della spaziatura tra gli elettrodi. In tutti i sondaggi geoelettrici condotti, infatti, le variazioni di resistività apparente tra misure con spaziature elettrodiche ridotte e quelle con spaziature più ampie risultano complessivamente contenute. In termini generali, si osserva una moderata diminuzione della resistività con l'aumentare della profondità, si rimanda all'Allegato A.1 per i risultati delle indagini.

5.3 Resistività termica

Le proprietà termiche dei terreni presenti nel sito sono state valutate attraverso una serie di prove di resistività termica, eseguite con contestuale misura della temperatura. Le indagini sono state condotte su quattro dei sette pozzetti esplorativi, a profondità comprese tra 1.3 m e 1.4 m dal piano campagna.

Le prove di resistività termica sono state effettuate mediante il metodo Non Steady State Probe (NSSP), conforme ai requisiti normativi ASTM D 5334-92 e IEEE 422-1981 (si rimanda all'Allegato I per ulteriori dettagli). L'analisi dei dati acquisiti, relativi a terreni in condizioni naturali, evidenzia una significativa variabilità della resistività termica nell'area indagata, con valori che spaziano da eccellenti a discreti.

In particolare, il valore massimo di resistività termica registrato è pari a 1.31 mK/W, rilevato nella prova TR TP4 (Pozzetto esplorativo TP4), mentre il valore minimo è pari a 0.70 mK/W, riscontrato nella prova TR TP5 (Pozzetto esplorativo TP5). La resistività termica media del terreno risulta pari a 1.02 mK/W.

Tabella 4. Risultati delle prove di resistività termica

Data	Orario inizio prova	Ubicazione	Profondità (m)	Tipo di terreno	Contenuto d'acqua (%)	Resistività termica (mK/W)
17/12/2024	15:05:04	Pozzetto esplorativo TP1	1.4	Sabbia debolmente limosa	12.2	1.26
17/12/2024	16:39:12	Pozzetto esplorativo TP2	1.4	Sabbia debolmente limosa	15.3	0.82
17/12/2024	10:55:00	Pozzetto esplorativo TP4	1.3	Sabbia debolmente limosa con rari ciottoli	13.5	1.31
17/12/2024	11:53:01	Pozzetto esplorativo TP5	1.3	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	17.6	0.7

5.4 Permeabilità e slug test

Nel corso delle attività di perforazione, sono stati eseguiti complessivamente sette (no. 7) test di permeabilità Lefranc, di cui cinque (no. 5) durante la campagna geognostica condotta da Arcadis nel 2024 e due (no.2) nell'ambito della campagna di indagini effettuata da Arup nel 2025, con l'obiettivo di determinare la permeabilità (k) dei terreni in esame.

I valori di permeabilità determinati, compresi tra 10^{-5} e 10^{-4} m/s, permettono di classificare i terreni appartenenti alle unità geotecniche più superficiali e profonde tra le formazioni mediamente permeabili, caratterizzate da una permeabilità medio-buona. Tali valori risultano coerenti con i range tipici riportati in letteratura per sabbie e ghiaie debolmente limose. I risultati ottenuti sono in linea con le evidenze fornite dalle altre indagini geotecniche eseguite nell'area di studio.

I valori sono sintetizzati in Tabella 5. In Figura 5-1 sono riportati i range di conducibilità idraulica riscontrabili nelle varie litologie.

Tabella 5. Valori di permeabilità dei suoli da prove di permeabilità a carico variabile

Unità geotecnica	Profondità [m]	Coefficiente di permeabilità (k) [m/s]
Sw6-LEF1	1-1.5	2.6×10^{-5}
Sw6-LEF2	4-4.5	5.7×10^{-4}
Sw7-LEF1	0.9-1.5	5.2×10^{-5}
Sw7-LEF2	5.5-6	1.1×10^{-4}
Pz4-LEF1	1-1.5	5.7×10^{-5}
LF1-BH4	25-26	2.9×10^{-4}
LF2 -BH4	35-36	1.4×10^{-4}

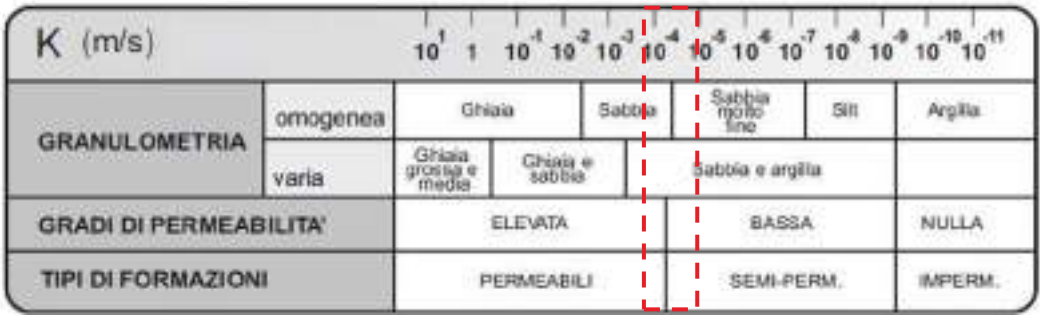


Figure 5-1. Valori di conducibilità idraulica dei depositi in funzione della granulometria (Molfetta, 2012)

Lo slug test (SLG1-BH4) è stato eseguito nel piezometro a tubo aperto (Ø 3") installato nel sondaggio BH4 PZ, con tratto filtrante tra 24 m e 30 m dal piano campagna durante la campagna indagine del 2024-2025 (vedi Allegato A.1 per dettagli). I dati sono stati elaborati utilizzando tre metodi classici per test a componente principale non oscillatoria (damped): Hvorslev, Bouwer & Rice e Dagan. Per il metodo Bouwer & Rice, poiché lo spessore dell'acquifero non è noto con certezza, è stato ipotizzato un valore di 55 m, coerente con i dati pubblicati per i pozzi limitrofi. I tre metodi forniscono risultati concordanti nella determinazione della conducibilità idraulica dell'acquifero nell'area testata, con un valore medio di 1.24×10^{-4} m/s. I risultati completi sono riportati in Allegato A.1.

Tabella 6. Risultati delle elaborazioni dello slug test

#	Nome	Piezometro	K [m/s]
1	Hvorslev	BH4	1.34×10^{4}
2	Bouwer & Rice	BH4	1.16×10^{4}
3	Dagan	BH4	1.23×10^{4}
Media			1.24×10^{4}

5.5 Stratigrafia

In base ai dati ottenuti dalle indagini eseguite sul sito, riportate in allegato, è stato elaborato un modello geologico caratteristico per l'area di interesse. Nonostante siano presenti variazioni laterali negli spessori e nelle caratteristiche litologiche dal punto di vista stratigrafico, si è ritenuto utile sintetizzare le risultanze delle analisi stratigrafiche in un unico modello geologico di progetto. Questo modello rappresenta il modello medio e uniforme ritenuto rappresentativo delle condizioni stratigrafiche del sito in esame.
Per l'analisi del modello geologico, è stata considerata una quota media del piano campagna pari a 101 m slm.

Di seguito si riporta la definizione del modello geologico medio di progetto:

Tabella 7. Modello geologico medio di progetto.

ID livello	Descrizione	Spessore (m)	Profondità tetto (m)	Profondità base (m)	Quota tetto (mslm)	Quota base (mslm)
A	Materiale di riporto composto da terreno di riporto compatto, con materiale antropico nella zona precedentemente edificata e suolo organico nella porzione settentrionale.	Variabile	Variabile		Variabile	
B	Sabbia ghiaiosa limosa	14	0	14	101	87
C	Limo Argilloso	2	14	16	87	85
D	Sabbia ghiaiosa limosa	5	16	21	85	80
E	Limo argilloso	2	21	23	80	78
F	Sabbia ghiaiosa limosa	9	23	32	78	69
G	Limo argilloso	0.5	32	32.5	69	68.5

ID livello	Descrizione	Spessore (m)	Profondità tetto (m)	Profondità base (m)	Quota tetto (mslm)	Quota base (mslm)
H	Sabbia ghiaiosa limosa	17.5	32.5	50	68.5	51

Per quanto concerne il livello della falda, si stima in via cautelativa la falda a breve termine corrispondente a 1 m da p.c. (100 m slm), e una falda a lungo termine pari a piano campagna (101 m slm). Il livello della falda a breve termine, che potrà influire sulle eventuali opere di presidio a scavo ed emungimento, dovrà essere riverificato nel periodo specifico di esecuzione lavori.

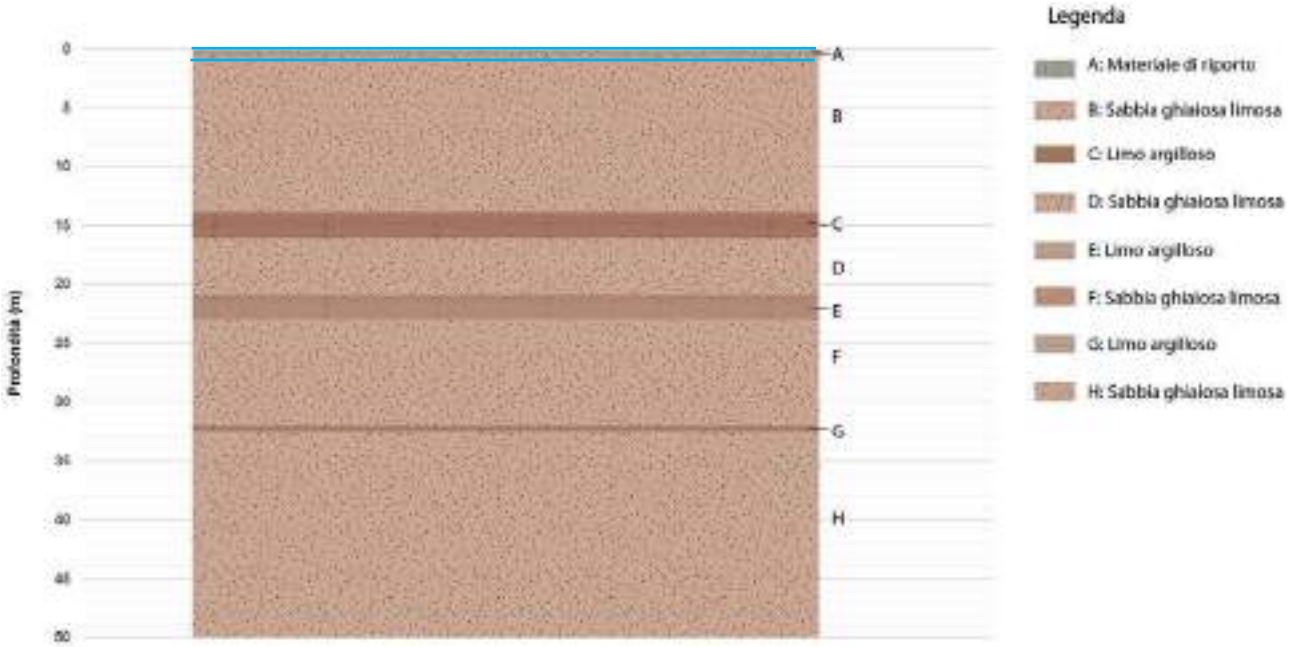


Figura 5-3. Modello geologico medio di progetto, in azzurro sono indicate la profondità a breve e lungo termine della falda.

Oltre al modello geologico medio illustrato nella figura precedente, al fine di caratterizzare le variazioni geometriche degli strati di sottosuolo nell'area di intervento, sono state elaborate tre sezioni stratigrafiche. Queste sezioni rappresentano l'andamento dei livelli stratigrafici nelle diverse zone dell'area di studio. La localizzazione planimetrica e le sezioni stratigrafiche sono riportate nell'Allegato A.4.

6. Conclusioni

Nel presente documento sono stati descritti i vincoli, la fattibilità ed i caratteri geologici, idrogeologici e sismici dell'area in cui si prevedere la realizzazione del nuovo stabilimento industriale. Si riportano di seguito le principali risultanze dell'analisi:

- Dal punto di vista geologico, l'area d'intervento è caratterizzata depositi alluvionale composti da una prevalenza di sedimenti sabbioso ghiaioso limosi con locali livelli di limi argillosi.
- Il livello medio della falda risulta variabile tra 1÷2.5 m dal piano campagna. Al fine della progettazione è stato definito un livello di falda a breve termine pari a 1 m da p.c. e uno a lungo termine corrispondente al livello di piano campagna (circa 101 m slm). La variabilità della soggiacenza della falda, influenzata da fattori climatici e antropici, dovrà essere tenuta in opportuna considerazione nella progettazione delle strutture di fondazione. Il livello della falda, che potrà influire sulle eventuali opere di presidio a scavo ed emungimento, dovrà essere riverificato nel periodo specifico di esecuzione lavori.
- Secondo la classificazione del PGRA, il sito non è soggetto a fenomeni di allagamento.
- Secondo la classificazione di fattibilità (come stabilito dalla normativa regionale D.G.R. 22/12/05 n. 8/1566) l'area di studio ricade per la maggior parte nella Classe 2 (Fattibilità con modeste limitazioni); nella fascia adiacente al Cavo Basiglio l'area ricade invece in Classe 4, con condizioni di fattibilità più restrittive. Per le aree in Classe 4, si esclude qualsiasi nuova edificazione, ad eccezione degli interventi finalizzati al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica della zona, al fine di garantirne la sicurezza.
- Il comune di Zibido San Giacomo ricade in una zona sismica 3 e il sito in esame ricade in una classe di PSL Z4a che identifica aree di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi. In conformità alla D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616, è stata condotta un'analisi sismica di secondo livello e calcolato il Fattore di Amplificazione (Fa). Il valore di Fa ottenuto risulta inferiore ai valori soglia definiti a livello comunale. Ne consegue che in conformità con la normativa vigente, lo spettro di risposta sismica previsto per suoli di tipo C è adeguato a rappresentare l'effettiva amplificazione sismica del sito.
- Relativamente alla liquefazione, non sono state individuate zone suscettibili al suddetto fenomeno nel PGT vigente. L'accelerazione orizzontale massima del suolo attesa è inoltre inferiore alla soglia di 0.1g stabilita al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018. Alla luce di queste considerazioni, è possibile affermare che la verifica di rischio di liquefazione per l'area in esame può essere omessa.

Bibliografia

Riferimenti bibliografici

Cerutti, P. Relazione illustrativa con allegata Normativa Geologica di Attuazione – Variante Generale al PGT del Comune di Zibido San Giacomo, 2022.

Di Molfetta A., and Sethi R., Ingegneria degli acquiferi: Springer Science & Business Media, 2012.

Pagotto, A., and Cerutti, P. Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico – Comune di Zibido San Giacomo, 2022, aggiornato nel 2023.

Studio Idrogeotecnico. Studio Idrogeologico finalizzato alla definizione degli effetti indotti dalla perforazione di un pozzo esplorativo in Comune di Zibido San Giacomo (MI), 2014.

Normativa di riferimento

D.M. Infrastrutture e trasporti 17.01.18 – Norme tecniche per le costruzioni.

Circolare 21.01.19 n°7 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.18.

Circolare 02.02.09 n°617 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.08.

Circolare Regione Lombardia 28.01.20 n° 1 – Profili applicativi in materia di opere o costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche di cui alla l.r. 33/2015 a seguito dell'entrata in vigore della legge 156/2019, della l.r. 21/2019 e della d.g.r. XI/2584/2019

L.r. 10 dicembre 2019 n° 21 – Seconda legge di semplificazione 2019

D.g.r. 2 dicembre 2019 - n. XI/2584 - Linee di indirizzo e coordinamento per l' esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1 e 13 comma 1, della l.r. 33/2015) Implementazione ai fini di semplificazione della modulistica prevista dall'allegato b alla d.g.r. n. x/5001/2016

D.d.u.o. 22.05.19 n° 7237 – Aggiornamento del D.d.u.o. 21.11.13 n° 19904

D.d.u.o. 28.11.2018 n. 17589 - Aggiornamento della modulistica approvata dalla D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica"

D.G.R. 30.03.2016 – n° X/5001 – Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materi sismica.

L.R. 12.10.2015 n° 33 – Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche.

D.G.R. 11.07.2014 – n° X/2129 – Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia.

D.d.u.o. 21.11.13 n° 19904 – Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della D.G.R. n° 19964 del 7.11.03

D.G.R. 30.11.2011 n° IX/2616 – Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio.

Allegati

A.1 Campagna indagini – Schinelli Consulting, 2024-2025

1. INTRODUZIONE

Questo documento costituisce il report finale delle indagini e contiene i risultati di tutte le indagini geognostiche eseguite da Schinelli Consulting per conto di ARUP Italia per il progetto suddetto.

Le indagini geognostiche riportate nel presente documento sono state condotte mediante l'esecuzione di sondaggi geognostici, che hanno raggiunto la profondità massima di 50 metri dal piano campagna, con installazione di tre piezometri a tubo aperto, esecuzione di prove di permeabilità ed esecuzione di prove di laboratorio di tipo geotecnico e di tipo chimico. Sono state eseguite, inoltre, indagini geofisiche, pozzetti esplorativi e prove di carico su piastra, in modo da fornire una caratterizzazione esaustiva delle caratteristiche dei terreni presenti nell'area del progetto.

Nel dettaglio il presente documento riporta i risultati delle seguenti indagini.

- n° 3 sondaggi a carotaggio continuo (BH1 PZ, BH2, BH3 PZ) spinti fino a 35 m di profondità dal piano campagna;
- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo (BH4 PZ) spinto fino a 50 m di profondità dal piano campagna;
- prove di resistenza alla penetrazione standard SPT eseguite nel corso dell'avanzamento dei sondaggi geognostici;
- installazione all'interno delle verticali di perforazione BH1 PZ, BH3 PZ e BH4 PZ di piezometri a tubo aperto;
- Esecuzione di 2 prove di permeabilità tipo Lefranc all'interno del sondaggio BH4 PZ;

- Esecuzione di una prova "slug test" nel piezometro installato nel sondaggio BH4 PZ;
- Prelievo di campioni di terreno, sia indisturbati sia rimaneggiati, per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio;
- Prelievo di campioni d'acqua per l'esecuzione di analisi chimiche finalizzate alla verifica dell'aggressività potenziale nei confronti del calcestruzzo;
- scavo di n° 7 pozzetti esplorativi;
- esecuzione di 5 carotaggi nelle solette di calcestruzzo;
- esecuzione di n° 10 prove di carico su piastra;
- esecuzione di n° 4 prospezioni geoelettriche;
- esecuzione di n° 4 prove di resistività termica del terreno;
- esecuzione di indagine georadar ed elettromagnetica.

2. AREA E UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Il sito oggetto di studio è ubicato nella porzione meridionale della provincia di Milano ed in particolare nel comune di Zibido san Giacomo. L'area oggetto dello studio, che ha una superficie pari a circa di circa 4.5 ettari, è delimitata a nord-est dalla strada provinciale SP139, ,mentre a sud-est ed a nord-ovest confina con degli insediamenti industriali. A sud è invece confinante con aree agricole.

La corografia delle aree in esame è riportata nella fotografia aerea della figura 2.1. L'area oggetto delle indagini è delimitata in rosso.

*Figura 2.1. Fotografia aerea con **l'area del** progetto.*

L'area di indagine ha una quota media del piano campagna pari a circa 100.7 m s.l.m., con variazioni localizzate che generalmente non superano il metro. Fa eccezione un rilevato artificiale la cui sommità si trova a circa 103.3 m s.l.m.

L'ubicazione delle indagini condotte nell'area di studio è riportata nella figura 2.2. Per quanto concerne le prove di resistività termica, non indicate nella legenda della figura, sono state eseguite in corrispondenza dei pozzetti esplorativi TP1, TP2, TP4 e TP5.

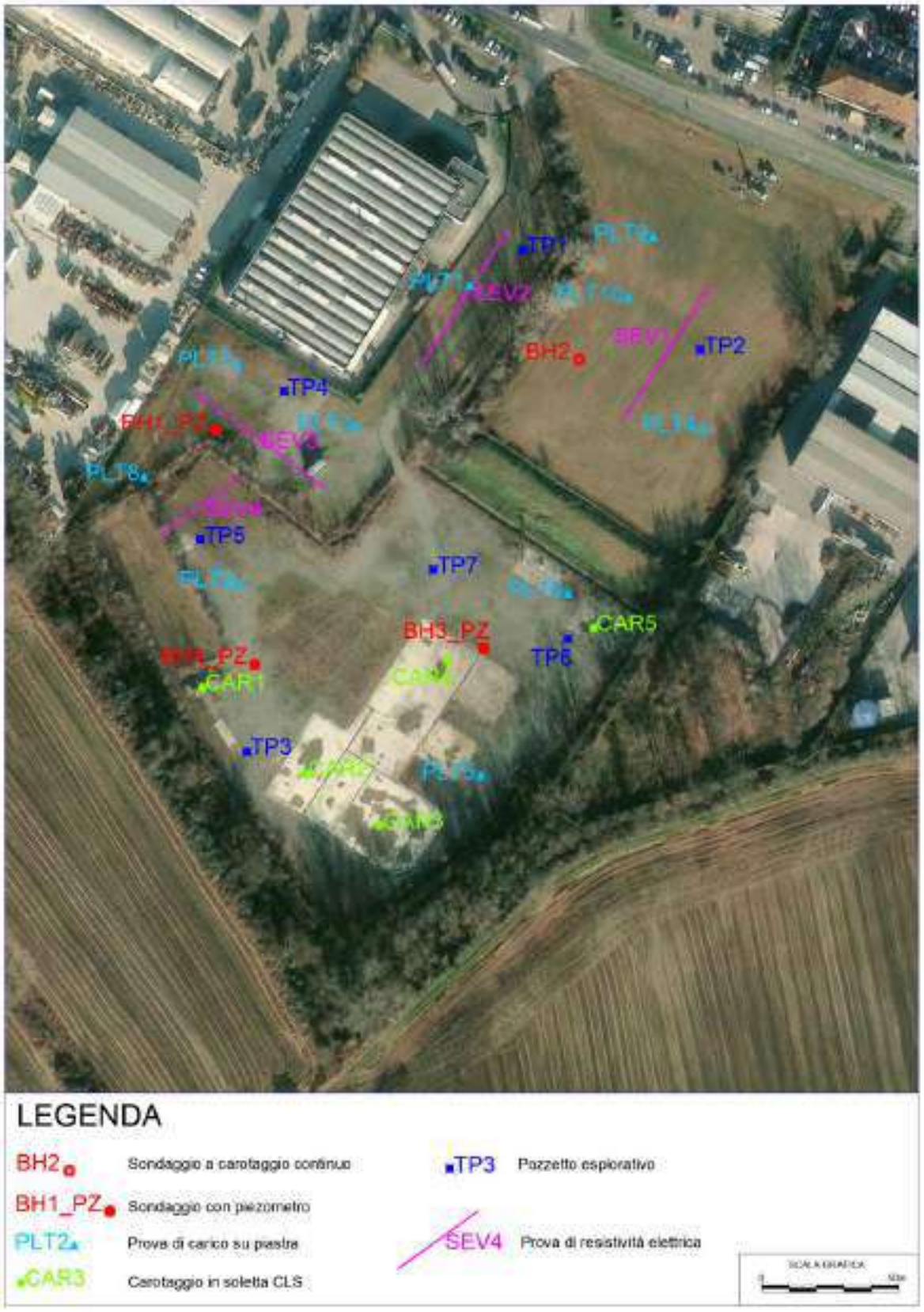


Figura 2.2. Ubicazione delle indagini geognostiche oggetto del presente documento.

3. SISTEMA DI RIFERIMENTO E COORDINATE INDAGINI

Le indagini geognostiche sono state georeferenziate sia planimetricamente sia in quota.

Se non specificato diversamente, nel presente documento, le coordinate piane e le quote vengono espresse nei sistemi di riferimento di seguito riportati:

- Coordinate piane: UTM WGS84, Fuso 32 Nord;
- Quote: geoidiche sul livello medio del mare.

Talora nel documento e negli allegati, per immediatezza descrittiva, sono indicate le profondità rispetto al piano campagna; comunque per ogni punto di indagine è sempre riportata la quota assoluta s.l.m., pertanto ciascun livello e profondità è sempre riferibile al sistema assoluto di quote geoidiche.

Nell'allegato dell'indagine geofisica le coordinate sono state riportate come coordinate geografiche (latitudine e longitudine).

Per la determinazione delle quote e delle posizioni planimetriche tutte le indagini sono state ubicate topograficamente mediante l'utilizzo di GPS topografico RTK GNSS ad elevata precisione.

Le quote ellissoidiche ottenute mediante i rilevi topografici dei punti di indagine sono state referenziate alle corrispondenti quote geoidiche (s.l.m.) mediante l'applicazione dei grigliati IGM per la zona di pertinenza del sito in esame.

Le coordinate e le quote delle indagini oggetto del presente documento sono riportate nella tabella 3.I.

Sigla	Est (m)	Nord (m)	Quota (m s.l.m.)
BH1_PZ	509802.55	5023474.76	100.66
BH2	509935.25	5023500.61	100.39
BH3_PZ	509900.35	5023395.23	100.89
BH4_PZ	509816.66	5023389.12	100.89
CAR1	509797.47	5023380.81	100.76
CAR2	509834.85	5023349.37	100.73
CAR3	509862.38	5023330.38	100.74
CAR4	509887.22	5023390.55	100.76
CAR5	509940.47	5023402.60	100.73
PLT1	509895.38	5023527.18	101.32
PLT2	509810.88	5023418.30	100.71
PLT3	509853.83	5023475.83	100.79
PLT4	509980.00	5023474.92	100.06
PLT5	509899.31	5023348.18	100.73
PLT6	509931.30	5023414.48	100.75
PLT7	509810.27	5023498.95	100.60
PLT8	509776.43	5023457.20	100.51
PLT9	509962.40	5023544.98	100.44
PLT10	509953.31	5023522.87	100.20
SEV1	509967.44	5023503.29	100.25
SEV2	509893.19	5023522.87	101.43
SEV3	509818.79	5023470.94	100.72
SEV4	509796.89	5023447.26	100.38
TP1	509914.72	5023540.54	101.38
TP2	509979.50	5023503.99	100.10
TP3	509813.80	5023357.30	100.71
TP4	509827.39	5023489.02	100.70
TP5	509796.75	5023434.84	100.51
TP6	509931.29	5023398.51	100.74
TP7	509881.92	5023423.71	100.69

Tabella 3.I. Coordinate e quote delle indagini geognostiche.

4 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

I sondaggi geognostici, le cui posizioni planimetriche sono riportate nella figura 2.2, sono stati eseguiti utilizzando una sonda perforatrice montata su carro cingolato ad azionamento oleodinamico. La perforazione è stata condotta mediante carotaggio continuo.

Come utensile per la perforazione e per il recupero delle carote è stato utilizzato un carotiere semplice con le seguenti caratteristiche:

- Diametro esterno: 101 mm;
- Diametro utile interno: 94 mm;
- Lunghezza utile del carotiere: 1500 mm;
- Tipo di corona: Widia.

La perforazione a rotazione, per ridurre al minimo il disturbo del terreno, ha richiesto l'impiego del rivestimento provvisorio, costituito da tubi in acciaio con le seguenti caratteristiche:

- Diametro esterno: 152 mm;
- Diametro utile interno: 147 mm.

Il terreno recuperato nel corso dei sondaggi è stato alloggiato in apposite cassette catalogatrici in PVC dotate di coperchio, dove è stato analizzato e fotografato dal geologo supervisore di cantiere per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. Le stratigrafie sono riportate in allegato.

Figura 4.1. ***Una fase dell'esecuzione di un****o dei sondaggi geognostici (BH1 PZ).*

5 PROVE SPT

Durante l'avanzamento di tutti i fori di sondaggio sono state eseguite delle prove SPT, a profondità variabili tra 1.5 m e 48 m dal piano campagna.

Tali prove consistono nel misurare il numero di colpi necessario per l'avanzamento di un campionatore standard per tre tratti successivi di lunghezza paria a 15 cm ciascuno.

Le prove SPT sono state eseguite con un dispositivo a sgancio automatico, con altezza di caduta di 762 mm e con un maglio del peso di 63.5 kg, in conformità alla normativa ASTM D 1586/67. Il campionatore SPT ha lunghezza pari a 813 mm, diametro interno di 35 mm e peso complessivo uguale a 7.2 kg.

Per la corretta esecuzione delle operazioni di pulizia ed approfondimento del foro, le prove SPT non possono essere condotte con frequenza maggiore di una al metro, per tale motivo queste prove, che si eseguono all'interno dei fori di sondaggio, non sono di tipo continuo, ma discreto lungo la verticale.

Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti successivi di 150 mm ciascuno.

La resistenza alla penetrazione è data dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto da 150 mm: NSPT = N2 + N3, dove N1 N2 e N3 sono rispettivamente il numero di colpi necessari per l'avanzamento del campionatore nel primo, nel secondo e nel terzo tratto da 15 cm ciascuno. N1, essendo il tratto di assestamento, che potrebbe attraversare del terreno rimaneggiato, non viene conteggiato nella determinazione del risultato della prova NSPT.

I valori delle prove SPT in foro ottenuti nei sondaggi geognostici sono riportati nei log stratigrafici e sintetizzati nel grafico della figura seguente.

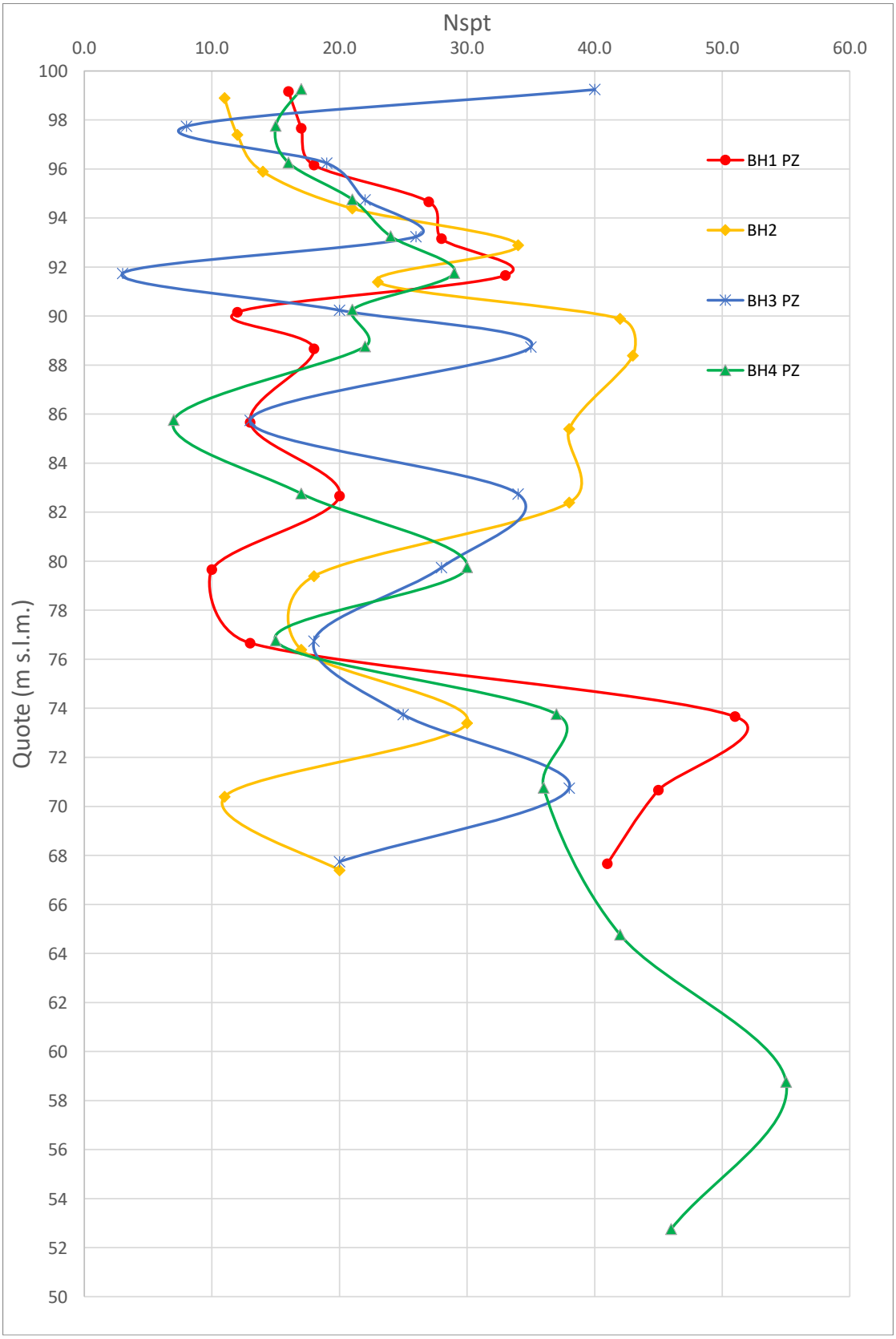


Figura 5.1. Sintesi grafica dei risultati delle prove SPT.

6. CAROTAGGI NELLE SOLETTE

Per verificare gli spessori medi delle solette presenti in sito, ai fini della successiva demolizione e smaltimento che saranno necessari quando verrà realizzato il nuovo progetto, sono stati eseguiti 5 carotaggi con corona diamantata e circolazione d'acqua. I carotaggi sono stati fatti utilizzando la medesima sonda perforatrice utilizzata per i sondaggi geognostici (Comacchio MCT 450).

I risultati dei carotaggi sono descritti di seguito e riportati nelle figure 6.1 e 6.2.

Carotaggio CAR 1 (quota piano calpestio 100.76 m s.l.m)

Calcestruzzo in condizioni mediocri con presenza di fratture a partire da 10 cm di profondità dal piano di calpestio fino al fondo della carota. Non sono state intercettate armature nel corso di questa indagine. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 44 cm.

Carotaggio CAR 2 (quota piano calpestio 100.73 m s.l.m)

Calcestruzzo in buone condizioni con poche fratture nella parte bassa della carota (al disotto dei 32 cm di profondità dal piano di calpestio). Sono state intercettate delle armature Φ 10 mm. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 29 cm.

Carotaggio CAR 3 (quota piano calpestio 100.74 m s.l.m)

Calcestruzzo in condizioni discrete con presenza di alcune fratture a partire da 14 cm di profondità dal piano di calpestio fino al fondo della carota. Non sono

state intercettate armature nel corso di questa indagine. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 40 cm.

Carotaggio CAR 4 (quota piano calpestio 100.76 m s.l.m)

Calcestruzzo in buone condizioni con presenza di una sola frattura nella parte bassa della carota (da circa 38 cm di profondità dal piano di calpestio). La frattura visibile nella figura 6.2 a circa 24 cm di profondità dal piano di calpestio è stata causata dal carotaggio che ha a quella profondità l'armatura (Φ 10 mm). Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 45 cm.

Carotaggio CAR 5 (quota piano calpestio 100.73 m s.l.m)

Calcestruzzo in condizioni mediocri con presenza di fratture a partire da 5 cm di profondità dal piano di calpestio fino al fondo della carota. Non sono state intercettate armature nel corso di questo carotaggio. Spessore complessivo della soletta nella posizione investigata 28 cm.

Nel complesso si quindi riscontrata la presenza di solette debolmente armate con ferri di armatura Φ 10 mm. Il calcestruzzo presenta alcune fratture e si trova in condizioni mediamente discrete. Lo spessore medio delle solette, sulla base delle indagini eseguite risulta pari a circa 37 cm e valore minimo di 28 cm e massimo pari a 45 cm. I dati di spessore e di continuità delle solette in calcestruzzo sono stati confermati, entro i limiti di precisione del metodo, dall'indagine georadar.

Figura 6.1 Carotaggi CAR1 e CAR2.

Figura 6.2 Carotaggi CAR3, CAR4 e CAR5.

7. POZZETTI ESPLORATIVI

Come evidenziato nella planimetria della figura 2.2, sul sito di indagine sono stati eseguiti 7 pozzetti esplorativi, indicati con le sigle da TP1 a TP7.

I pozzetti sono stati scavati mediante escavatore cingolato Kubota U35. I pozzetti sono stati spinti fino alla profondità massima di circa 2.25 m dal piano campagna, vale a dire subito dopo aver incontrato la falda o acqua di percolazione. Nei casi dei pozzetti TP3, TP6 e TP7, invece, gli scavi sono stati arrestati alla profondità di circa 0.7 m dal p.c. dove è stata rinvenuta una geomembrana accoppiata ad un geotessuto. D'accordo con i tecnici di Arup si è deciso di preservare l'integrità della membrana ed arrestare gli scavi.

Tutti i pozzetti esplorativi presentano una porzione superficiale rimaneggiata e di deposizione antropica. Talora sono presenti frammenti di laterizi e materiali di chiara origine antropica. La presenza di questi materiali, seppur evidente, è generalmente poco abbondante ed i resti di materiale da costruzione risultano sparsi nella matrice di terreno che nel complesso ha composizione sabbioso ghiaiosa. Al disotto dei 70 cm di profondità non si nota la presenza di frammenti di nmacerie ed il terreno risulta generalmente da sabbioso ghiaioso a sabbioso ghiaioso con limo.

Al disotto di 1.90 m dal piano campagna nella maggior parte dei pozzetti, tranne il TP1, sono state riscontrate delle venute d'acqua. Non è certo che in tutti i casi si tratti di una vera e propria falda ed in alcuni casi potrebbe trattarsi dell'accumulo nel pozzetto di acqua di percolazione proveniente dall'intorno dello scavo.

Le stratigrafie e le fotografie dei pozzetti sono riportate in allegato.

Figura 7.1 Una fase di scavo dei pozzetti esplorativi.

8. PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Per la caratterizzazione delle condizioni di addensamento e della risposta elastica dei terreni superficiali nelle attuali condizioni (ante-operam) sono state condotte 10 prove di carico su piastra.

Le prove sono state eseguite mediante piastra circolare di diametro pari a 300 mm, seguendo le modalità operative della normativa di riferimento CNR B.U. n.146.

Le prove sono state eseguite a seguito di uno scotico di circa 50 cm del piano campagna e senza compattazione preventiva del piano di posa della piastra: in questo modo è possibile valutare sia le condizioni dell'attuale stato addensamento del terreno (primo ciclo di carico) sia le potenzialità di compattazione del terreno presente in sito a seguito di un'eventuale attività di compattazione (secondo ciclo di carico).

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata una piastra circolare in acciaio di diametro pari a 300 mm ed il contrasto è stato fornito da un camion caricato con bulk e fornendo la spinta con un martinetto idraulico posto al disotto dell'assale posteriore del camion.

Figura 8.1. Esecuzione di una delle prove di carico (PLT7).

Figura 8.2. Particolare del posizionamento del martinetto di spinta al disotto del camion utilizzato come contrasto.

I risultati delle prove di carico su piastra sono riportati nelle figure dalla 8.3 alla 8.12.

Dall'analisi dei risultati delle prove si rileva una certa disomogeneità, dovuta alle condizioni differenti di addensamento dei terreni nelle varie zone in cui sono state condotte le prove.

I moduli di deformazione del primo ciclo nella media sono piuttosto buoni, a meno della prova PLT1, che presenta un modulo decisamente basso (8 N/mm^2). Pertanto il grado di addensamento dei terreni in condizioni vergini, tranne che nel caso della PLT1, è discreto.

Relativamente ai moduli del secondo ciclo, che indicano il potenziale di compattazione dei terreni investigati, si può affermare che generalmente i valori dei moduli sono molto buoni, a meno sempre del modulo della prova PLT1, che anche nel secondo ciclo non raggiunge un valore particolarmente elevato (27 N/mm^2). Le restanti prove nel secondo ciclo raggiungono in genere valori che denotano un buon potenziale di compattazione. Si ritiene quindi che nelle fasi esecutive non si incontreranno significativi problemi per ottenere adeguati gradi di addensamento dei materiali utilizzando i metodi tradizionali di compattazione mediante rullatura.

Cantiere:	Zibido San Giacomo -	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509895.38 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023527.18 m
Identificativo della prova:	**PLT1**	Quota = 101.32 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	1440	1803	2711				0	0.00	
0.05	1386	1694	2579	54	109	132	0.98	0.98	9
0.15	874	1331	2177	566	472	534	5.24	4.26	7
0.25	510	964	1763	930	839	948	9.06	3.82	**8**
0.35	152	585	1273	1288	1218	1438	13.15	4.09	7
0.05	348	774	1681	1092	1029	1030	10.50	-2.64	n.a. (scarico)
0.15	291	720	1515	1149	1083	1196	11.43	0.92	32
0.25	189	623	1383	1251	1180	1328	12.53	1.10	**27**

Moduli di deformazione:

Md: **8** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **27** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.29** [-]

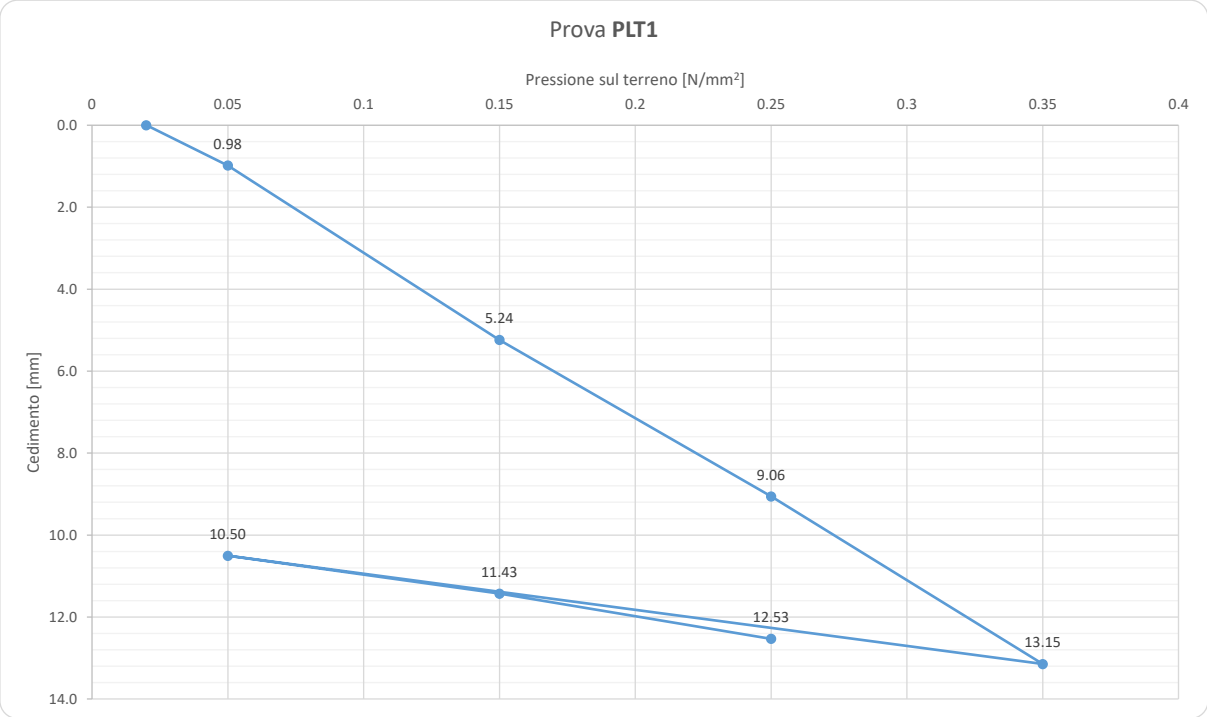


Figura 8.3. Risultati della prova di carico su piastra PLT1.

Cantiere:	Zibido San Giacomo -	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509810.88 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023418.30 m
Identificativo della prova:	**PLT2**	Quota = 100.71 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	710	2446	646				0	0.00	
0.05	691	2430	624	19	16	22	0.19	0.19	47
0.15	583	2326	462	127	120	184	1.44	1.25	24
0.25	390	2263	337	320	183	309	2.71	1.27	**24**
0.35	285	2183	232	425	263	414	3.67	0.97	31
0.05	374	2256	340	336	190	306	2.77	-0.90	n.a. (scarico)
0.15	353	2238	320	357	208	326	2.97	0.20	153
0.25	325	2215	295	385	231	351	3.22	0.25	**118**

Moduli di deformazione:

Md: **24** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **118** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.20** [-]

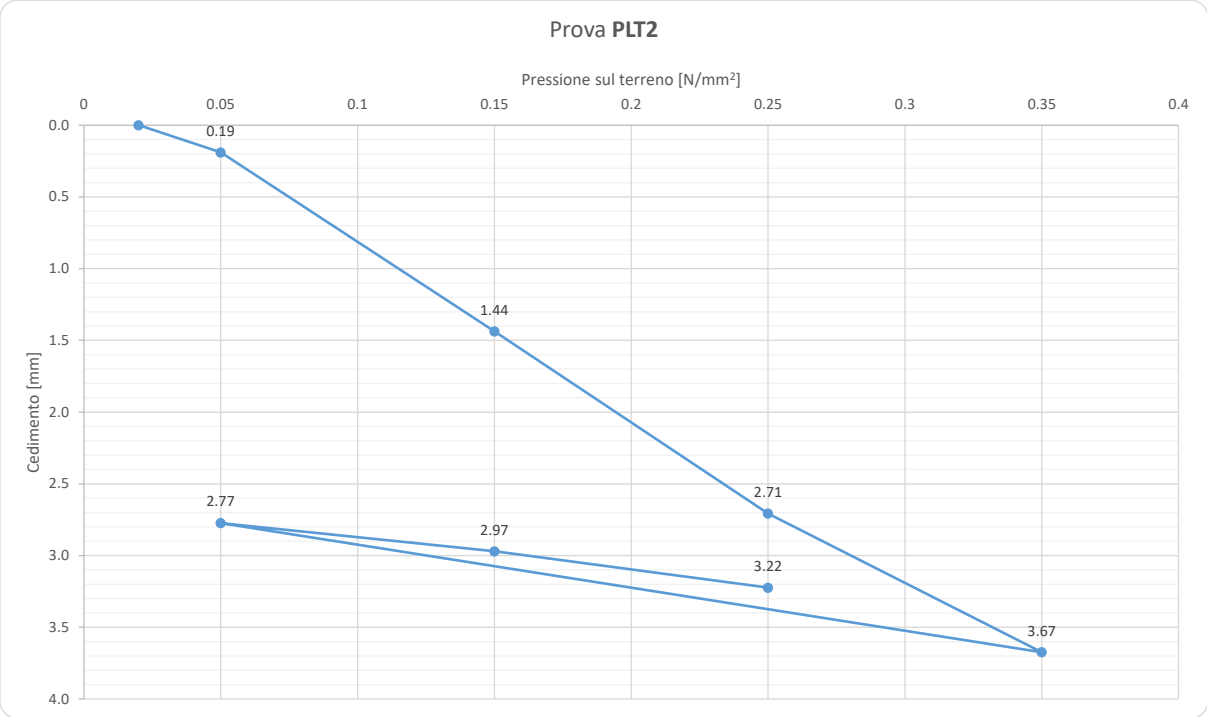


Figura 8.4. Risultati della prova di carico su piastra PLT2.

Cantiere:	Zibido San Giacomo -	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509853.83 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023475.83 m
Identificativo della prova:	**PLT3**	Quota = 100.79 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	855	2925	3410				0	0.00	
0.05	840	2907	3393	15	18	17	0.17	0.17	54
0.15	766	2822	3290	89	103	120	1.04	0.87	34
0.25	693	2721	3172	162	204	238	2.01	0.97	**31**
0.35	628	2639	3039	227	286	371	2.95	0.93	32
0.05	681	2720	3129	174	205	281	2.20	-0.75	n.a. (scarico)
0.15	661	2700	3113	194	225	297	2.39	0.19	161
0.25	650	2668	3090	205	257	320	2.61	0.22	**136**

Moduli di deformazione:

Md: **31** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **136** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.23** [-]

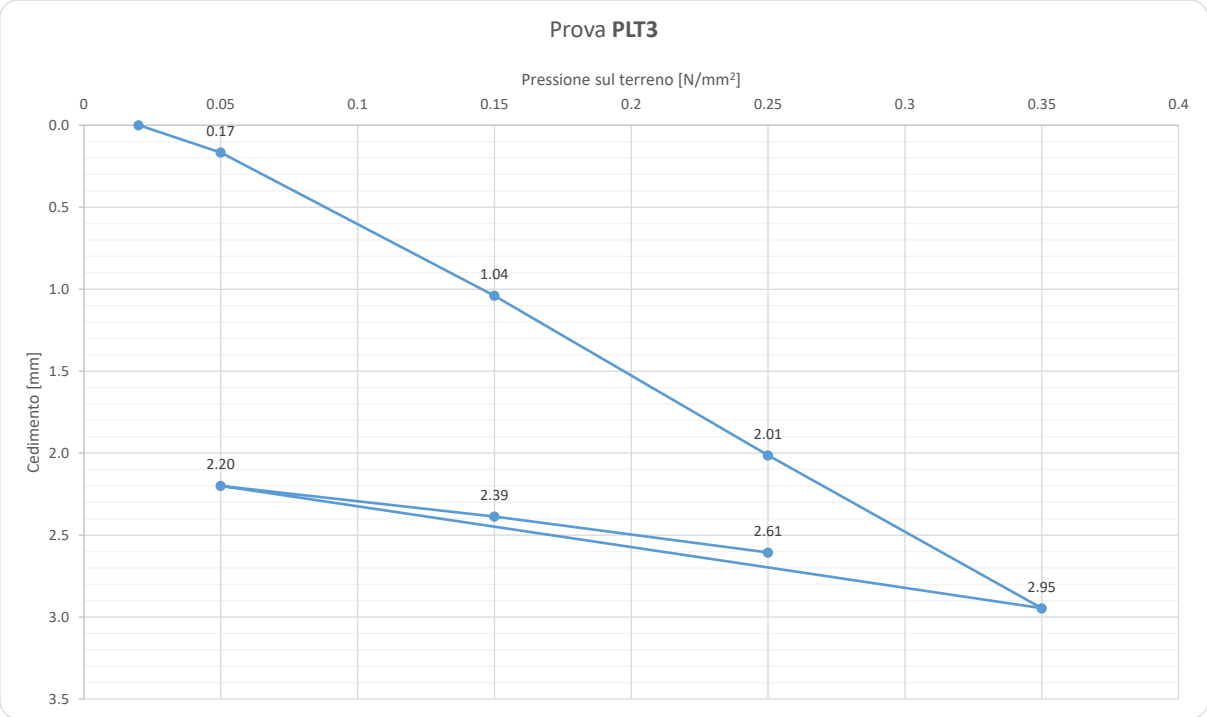


Figura 8.5. Risultati della prova di carico su piastra PLT3.

Cantiere:	Zibido San Giacomo -	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509979.00 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023474.92 m
Identificativo della prova:	**PLT4**	Quota = 100.06 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	855	2540	3621				0	0.00	
0.05	835	2490	3610	20	50	11	0.27	0.27	33
0.15	800	2400	3550	55	140	71	0.89	0.62	49
0.25	687	2291	3427	168	249	194	2.04	1.15	**26**
0.35	555	2171	3307	300	369	314	3.28	1.24	24
0.05	640	2250	3410	215	290	211	2.39	-0.89	n.a. (scarico)
0.15	620	2238	3380	235	302	241	2.59	0.21	145
0.25	600	2207	3351	255	333	270	2.86	0.27	**113**

Moduli di deformazione:

Md: **26** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **113** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.23** [-]

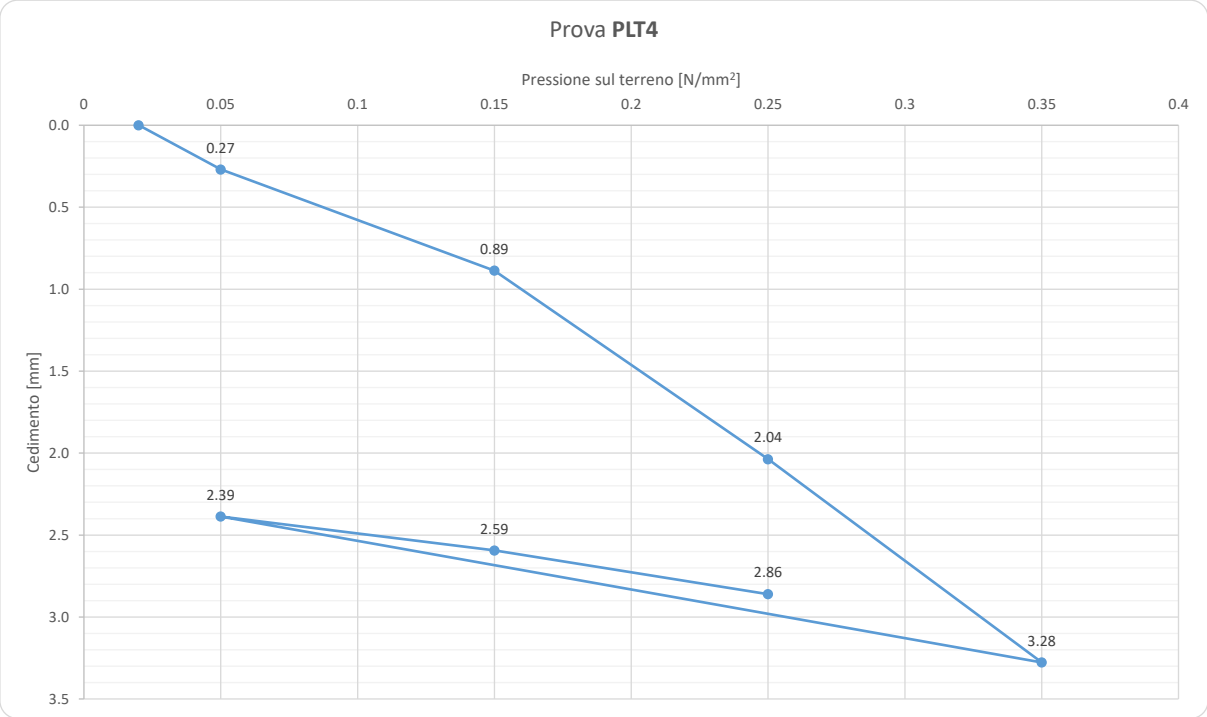


Figura 8.6. Risultati della prova di carico su piastra PLT4.

Cantiere: Zibido San Giacomo -
Cliente: Arup Italia / AWS
Data della prova: 16/01/2025
Identificativo della prova: **PLT5**
Standard di riferimento: CNR B.U. 146
Operatore: Gianluca Nascimbene
Diametro piastra (mm): 300

Ubicazione della prova (UTM 32N):
Est = 509899.31 m
Nord = 5023348.18 m
Quota = 100.73 m s.l.m.

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	3429	1360	2546				0	0.00	
0.05	3403	1345	2524	26	15	22	0.21	0.21	43
0.15	3259	1252	2378	170	108	168	1.49	1.28	23
0.25	3145	1193	2259	284	167	287	2.46	0.97	**31**
0.35	3060	1117	2165	369	243	381	3.31	0.85	35
0.05	3122	1199	2248	307	161	298	2.55	-0.76	n.a. (scarico)
0.15	3105	1182	2230	324	178	316	2.73	0.17	173
0.25	3090	1171	2207	339	189	339	2.89	0.16	**184**

Moduli di deformazione:

Md: **31** [N/mm^2] primo ciclo
Md': **184** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.17** [-]

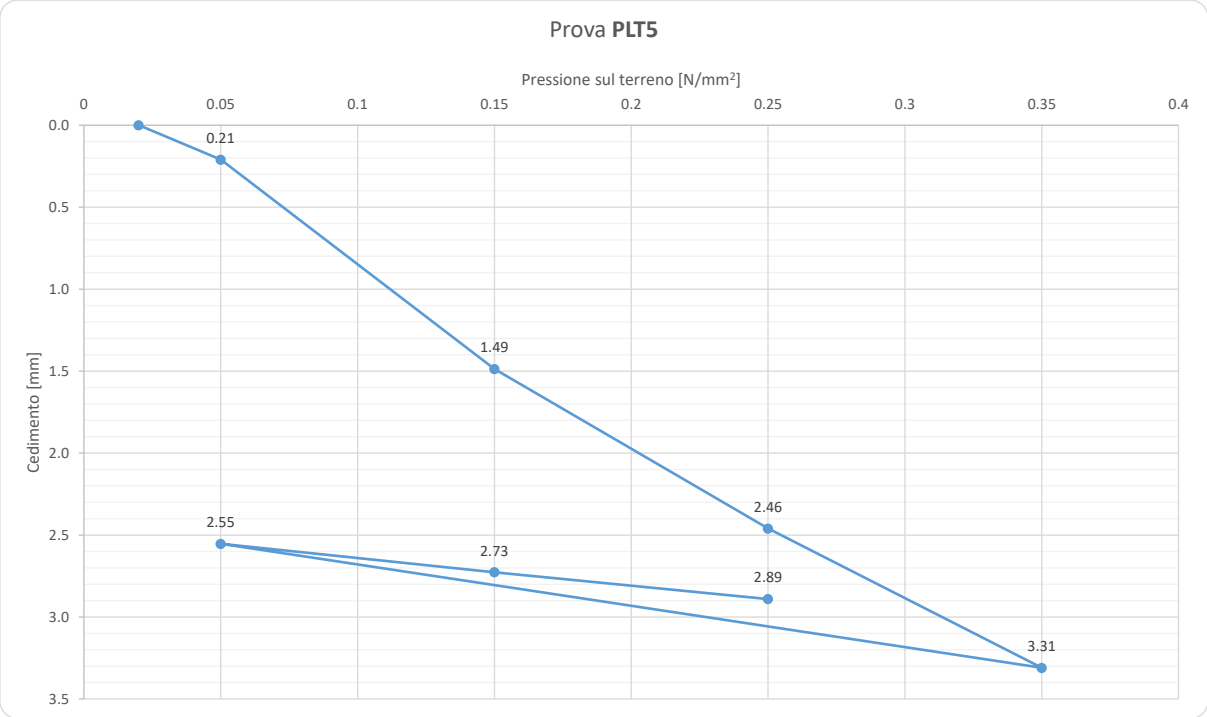


Figura 8.7. Risultati della prova di carico su piastra PLT5.

Cantiere:	Zibido San Giacomo -	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509931.30 m
Data della prova:	16/01/2025	Nord = 5023414.48 m
Identificativo della prova:	**PLT6**	Quota = 100.75 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	3280	2702	1385				0	0.00	
0.05	3249	2674	1351	31	28	34	0.31	0.31	29
0.15	3191	2609	1290	89	93	95	0.92	0.61	49
0.25	3087	2525	1200	193	177	185	1.85	0.93	**32**
0.35	3027	2473	1102	253	229	283	2.55	0.70	43
0.05	3090	2530	1157	190	172	228	1.97	-0.58	n.a. (scarico)
0.15	3069	2501	1140	211	201	245	2.19	0.22	134
0.25	3042	2477	1121	238	225	264	2.42	0.23	**129**

Moduli di deformazione:

Md: **32** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **129** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.25** [-]

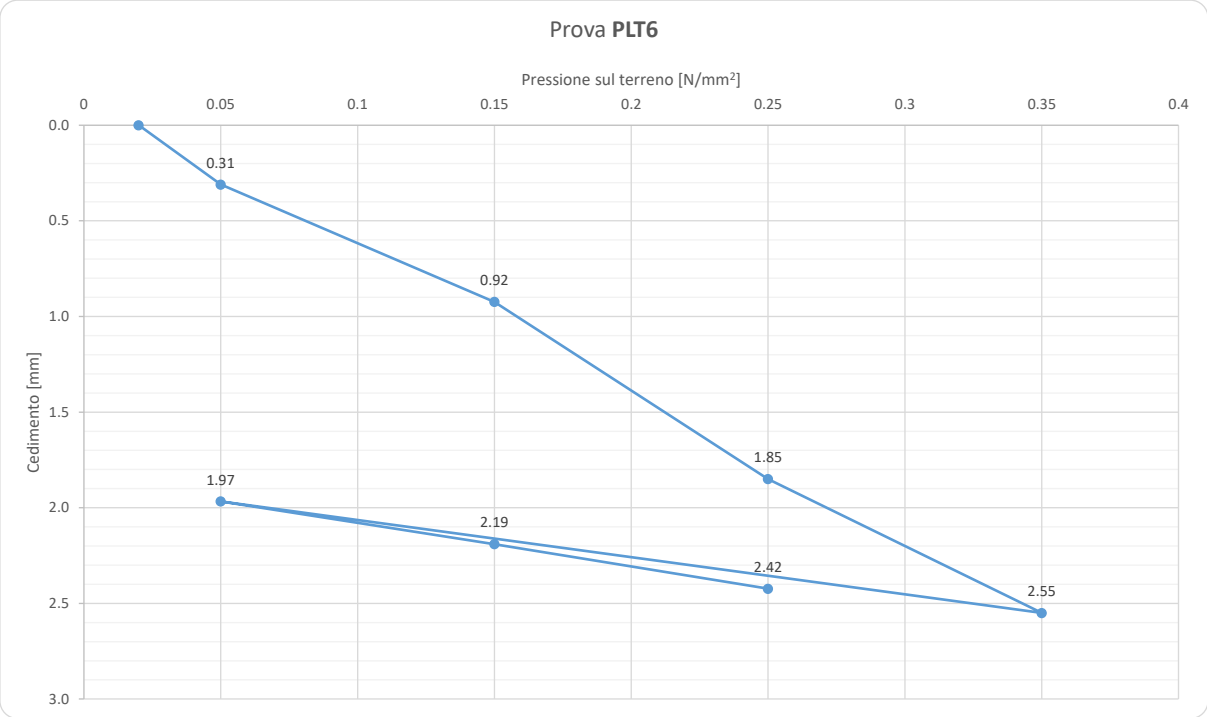


Figura 8.8. Risultati della prova di carico su piastra PLT6.

Cantiere:	Zibido San Giacomo -	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509810.27 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023498.95 m
Identificativo della prova:	**PLT7**	Quota = 100.60 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	865	2580	3331				0	0.00	
0.05	825	2478	3272	40	102	59	0.67	0.67	13
0.15	695	2353	3115	170	227	216	2.04	1.37	22
0.25	541	2205	2935	324	375	396	3.65	1.61	**19**
0.35	420	2098	2799	445	482	532	4.86	1.21	25
0.05	540	2221	2945	325	359	386	3.57	-1.30	n.a. (scarico)
0.15	517	2146	2921	348	434	410	3.97	0.41	74
0.25	468	2156	2872	397	424	459	4.27	0.29	**102**

Moduli di deformazione:

Md: **19** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **102** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.18** [-]

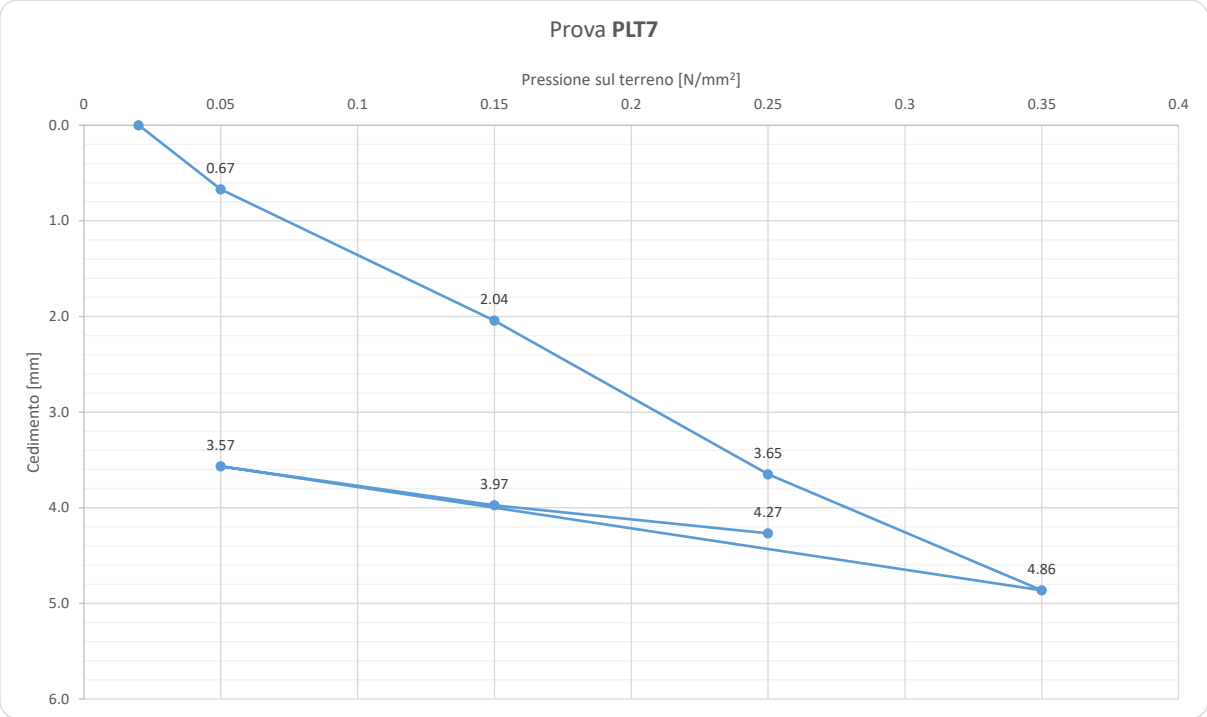


Figura 8.9. Risultati della prova di carico su piastra PLT7.

Cantiere:	Zibido San Giacomo -	Ubicazione della prova (UTM 32N):
Cliente:	Arup Italia / AWS	Est = 509776.43 m
Data della prova:	17/01/2025	Nord = 5023457.20 m
Identificativo della prova:	**PLT8**	Quota = 100.51 m s.l.m.
Standard di riferimento:	CNR B.U. 146	
Operatore:	Gianluca Nascimbene	
Diametro piastra (mm):	300	

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	3486	3915	1458				0	0.00	
0.05	3455	3892	1438	31	23	20	0.25	0.25	36
0.15	3305	3788	1300	181	127	158	1.55	1.31	23
0.25	3185	3671	1175	301	244	283	2.76	1.21	**25**
0.35	3062	3420	1040	424	495	418	4.46	1.70	18
0.05	3174	3556	1120	312	359	338	3.36	-1.09	n.a. (scarico)
0.15	3132	3518	1072	354	397	386	3.79	0.43	70
0.25	3068	3462	1007	418	453	451	4.41	0.62	**49**

Moduli di deformazione:

Md: **25** [N/mm^2] primo ciclo

Md': **49** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.51** [-]

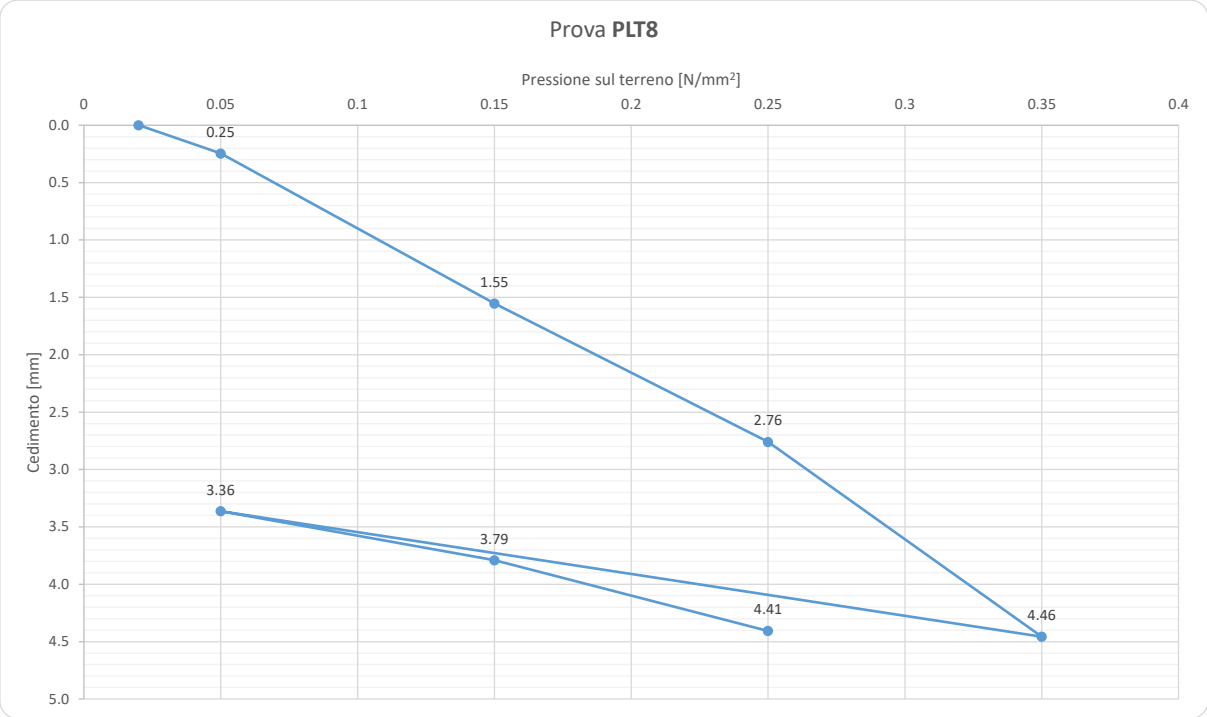


Figura 8.10. Risultati della prova di carico su piastra PLT8.

Cantiere: Zibido San Giacomo -
Cliente: Arup Italia / AWS
Data della prova: 16/01/2025
Identificativo della prova: **PLT9**
Standard di riferimento: CNR B.U. 146
Operatore: Gianluca Nascimbene
Diametro piastra (mm): 300

Ubicazione della prova (UTM 32N):
Est = 509962.40 m
Nord = 5023544.98 m
Quota = 100.44 m s.l.m.

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	2209	3471	1829				0	0.00	
0.05	2200	3461	1801	9	10	28	0.16	0.16	57
0.15	2052	3309	1721	157	162	108	1.42	1.27	24
0.25	1869	3109	1528	340	362	301	3.34	1.92	**16**
0.35	1686	2835	1274	523	636	555	5.71	2.37	13
0.05	1770	2914	1365	439	557	464	4.87	-0.85	n.a. (scarico)
0.15	1745	2899	1339	464	572	490	5.09	0.22	136
0.25	1728	2877	1320	481	594	509	5.28	0.19	**155**

Moduli di deformazione:

Md: **16** [N/mm^2] primo ciclo
Md': **155** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.10** [-]

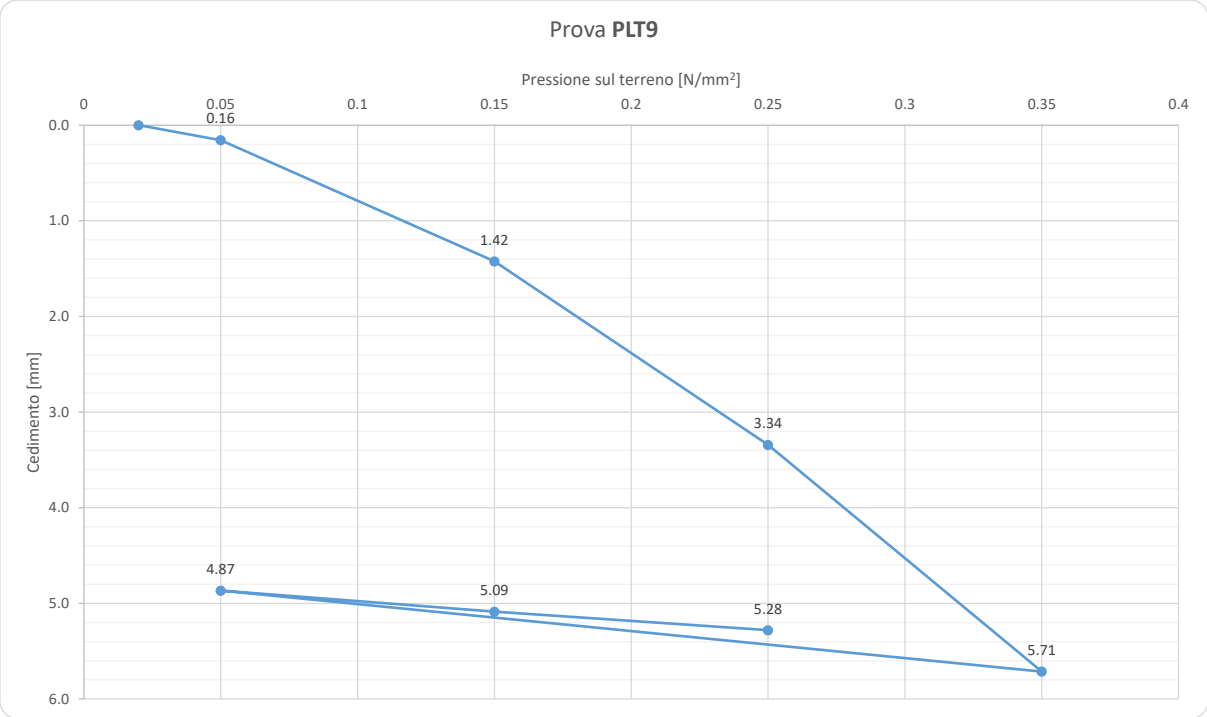


Figura 8.11. Risultati della prova di carico su piastra PLT9.

Cantiere: Zibido San Giacomo -
Cliente: Arup Italia / AWS
Data della prova: 16/01/2025
Identificativo della prova: **PLT10**
Standard di riferimento: CNR B.U. 146
Operatore: Gianluca Nascimbene
Diametro piastra (mm): 300

Ubicazione della prova (UTM 32N):
Est = 509953.31 m
Nord = 5023522.87 m
Quota = 100.20 m s.l.m.

	Letture stabilizzate			Cedimenti					
Pressione sul terreno	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Comparatore 1**	**Comparatore 2**	**Comparatore 3**	**Media**	**Differenziale**	**Moduli di deformazione Md**
[N/mm^2]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm/100]	[mm]	[mm]	[N/mm^2]
0.02	706	2961	1721				0	0.00	
0.05	698	2947	1706	8	14	15	0.12	0.12	73
0.15	650	2841	1600	56	120	121	0.99	0.87	35
0.25	573	2734	1484	133	227	237	1.99	1.00	**30**
0.35	488	2357	1409	218	604	312	3.78	1.79	17
0.05	499	2700	1450	207	261	271	2.46	-1.32	n.a. (scarico)
0.15	475	2685	1435	231	276	286	2.64	0.18	167
0.25	452	2661	1410	254	300	311	2.88	0.24	**125**

Moduli di deformazione:

Md: **30** [N/mm^2] primo ciclo
Md': **125** [N/mm^2] secondo ciclo

Rapporto dei moduli di deformazione:

Md/Md': **0.24** [-]

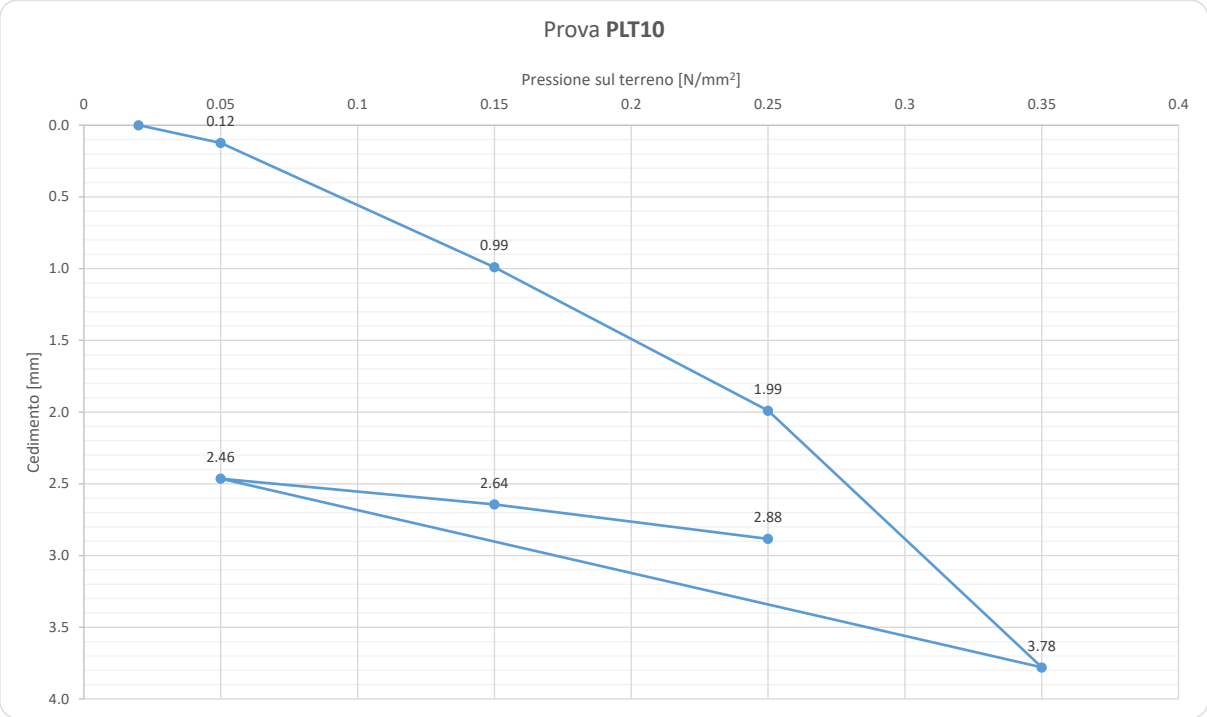


Figura 8.12. Risultati della prova di carico su piastra PLT10.

9. PROVE DI RESISTIVITA' ELETTRICA

L'indagine geoelettrica è consistita nell'esecuzione di quattro stese di tipo SEV (sondaggi elettrici verticali), indicate con le sigle da SEV1 a SEV4. I sondaggi elettrici verticali vengono eseguiti per valutare la distribuzione verticale delle caratteristiche di resistività elettrica del terreno. I rilievi sono stati eseguiti adottando una disposizione degli elettrodi di tipo Wenner, che prevede l'utilizzo di due elettrodi di corrente esterni, generalmente indicati con le sigle A e B, e due elettrodi di misura di potenziale interni, generalmente indicati con le sigle M e N.

Una corrente continua viene immessa nel terreno, mediante i due elettrodi di corrente, mentre la resistenza viene misurata ai due elettrodi di potenziale. Dato che, a parità di condizioni al contorno, la profondità d'indagine è funzione della distanza tra gli elettrodi, il sondaggio elettrico verticale si esegue effettuando una serie di misure che adottano spaziature tra gli elettrodi crescenti e misurando, per ciascuna distanza elettrodica, la resistenza ai due elettrodi di potenziale. Questa procedura, con il progressivo aumento della distanza tra gli elettrodi, consente di investigare livelli di terreno a profondità crescenti.

La resistività apparente del terreno, per ciascuna misura, è proporzionale alla resistenza misurata, come indicato di seguito:

$$\rho_{app} = F \cdot R$$

dove:

R = Resistenza misurata tra i due elettrodi di potenziale;

F = Fattore di forma;

ρ_{app} = resistività apparente.

Poiché il terreno non è un mezzo elettricamente omogeneo ed isotropo la resistività che deriva dall'applicazione della suddetta relazione è definita

resistività apparente, cioè dovuta all'effetto globale delle resistività effettive di tutti i livelli di terreno attraversati dal campo elettrico durante la misura.

Le misure di resistività elettrica sono state eseguite con spaziature MN pari a 0.6m, 1m, 2m, 4m, 6m, 8m, 10m, 12m, 14m, 16m, 18m, 20m a cui corrispondono lunghezze totali della stesa elettrodica variabili tra 1.8 metri e 60 metri.

Le indagini geoelettriche sono state eseguite utilizzando un georesistivimetro a controllo digitale avente le caratteristiche principali elencate di seguito:

- Misurazione della resistenza del terreno in un intervallo compreso tra 0.01 Ω e 19990 Ω;
- Precisione della misura pari a 1% della lettura;
- Frequenza di prova 128Hz ±0.5Hz;
- Annullamento dei potenziali spontanei;
- Corrente di prova variabile in funzione delle caratteristiche di resistività del terreno investigato;
- Drift di temperatura inferiore allo 0,1% in un campo compreso tra −5°C e +55°C;

Nel complesso sono stati rilevati valori di resistività non molto elevati. Bisogna evidenziare che le stese geoelettriche non sono state condotte nella zona del sito in cui è presente la geomembrana in HDPE: tale membrana, che costituisce un isolante molto efficace, avrebbe falsato in modo significativo le misure portando le resistività apparenti medie a valori molto elevati e non rappresentativi del contributo del terreno ma principalmente dovuti all'influenza della membrana isolante.

La presenza della falda poco profonda ed una componente limosa che spesso si rinviene anche nei depositi superficiali di origine antropica, tende a smorzare

il caratteristico aumento dei valori della resistività apparente al diminuire della spaziatura tra gli elettrodi. In tutti i sondaggi geoelettrici effettuati, infatti, le differenze di resistività apparente tra le misure con spaziature degli elettrodi contenute e quelle con spaziature tra gli elettrodi ampie sono nel complesso poco accentuate. In pratica in tutti i sondaggi elettrici eseguiti si nota una contenuta diminuzione della resistività con la profondità. Nel complesso, comunque si può senza dubbio affermare che i valori di resistività misurati non sono mai particolarmente elevati e non si prevede alcun problema per un'efficace implementazione delle reti di messa a terra.

Le tabelle dalla 9.I alla 9.IV riportano i risultati delle quattro prove di resistività elettrica.

Una fase dell'esecuzione dei rilevi geoelettrici è mostrata nella figura 9.1.

Figura 9.1. Una fase delle indagini geoelettriche

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: - Zibido San Giacomo (MI) **SEV1**

Test n.:

Coordinate centro stesa: E = 509967.44 N = 5023503.29 Quota = 100.25

Condizioni meteo: Sereno

Condizioni del terreno in superficie: Lievemente umido

Note:

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	36.34	136.99	
2	1.0	21.17	133.01	
3	2.0	9.75	122.52	
4	4.0	4.29	107.82	
5	6.0	2.64	99.52	
6	8.0	1.87	93.99	
7	10.0	1.45	91.10	
8	12.0	1.18	88.97	
9	14.0	0.99	87.08	
10	16.0	0.83	83.44	
11	18.0	0.70	79.17	
12	20.0	0.59	74.14	

Resistività media (Ωm) **99.81**

Tabella 9.I. Risultati della prova di resistività elettrica SEV1.

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: Zibido San Giacomo (MI) **SEV2**

Test n.:

Coordinate centro stesa: E = 509893.19 N = 5023522.87 Quota = 101.43 m s.l.m.

Condizioni meteo: Soleggiato

Condizioni del terreno in superficie: Lievemente umido

Note: Terreno in superficie granulare

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	47.10	177.56	
2	1.0	31.07	195.21	
3	2.0	16.79	210.98	
4	4.0	7.96	200.05	
5	6.0	4.43	167.00	
6	8.0	2.75	138.23	
7	10.0	1.87	117.49	
8	12.0	1.37	103.29	
9	14.0	1.08	95.00	
10	16.0	0.94	94.50	
11	18.0	0.78	88.21	
12	20.0	0.55	69.11	

Resistività media (Ωm) **138.05**

Tabella 9.II. Risultati della prova di resistività elettrica SEV2.

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: Zibido San Giacomo (MI)

Test n.: **SEV3**

Coordinate centro stesa: E = 509818.79 m N = 5023470.94 m Quota = 100.72 m s.l.m.

Condizioni meteo: Soleggiato

Condizioni del terreno in superficie: Asciutto

Note: Terreno in superficie marcatamente granulare

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	34.12	128.63	
2	1.0	19.97	125.47	
3	2.0	9.50	119.38	
4	4.0	4.25	106.81	
5	6.0	2.64	99.52	
6	8.0	1.87	93.99	
7	10.0	1.45	91.10	
8	12.0	1.19	89.72	
9	14.0	1.00	87.96	
10	16.0	0.84	84.44	
11	18.0	0.71	80.30	
12	20.0	0.60	75.40	

Resistività media (Ωm) **98.56**

Tabella 9.III. Risultati della prova di resistività elettrica SEV3.

PROVA DI RESISTIVITA' ELETTRICA - METODO WENNER

Data: 13/01/2025

Progetto: Zibido San Giacomo (MI)

Test n.: **SEV4**

Coordinate centro stesa: E = 509796.89 m N = 5023447.26 m Quota = 100.38 m s.l.m.

Condizioni meteo: Soleggiato

Condizioni del terreno in superficie: Lievemente umido

Note: Eseguita la stesa con la massima estensione possibile compatibilmente con gli ostacoli presenti

Lettura n.	Spaziatura (MN) (m)	Resistenza (R) (Ω)	Resistività apparente (ρ) (Ωm)	Note
1	0.6	29.40	110.83	
2	1.0	12.12	76.15	
3	2.0	3.94	49.51	
4	4.0	2.27	57.05	
5	6.0	2.05	77.28	
6	8.0	1.76	88.46	
7	10.0	1.36	85.45	
8	12.0	1.03	77.66	

Resistività media (Ωm) **77.80**

Tabella 9.IV. Risultati della prova di resistività elettrica SEV4.

10. PROVE DI **PERMEABILITA'** E SLUG TEST

Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico BH4 PZ sono state condotte due prove di permeabilità a carico variabile e successivamente all'installazione del piezometro, sempre nel nel foro di sondaggio BH4 PZ, è stato eseguito uno slug test.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc sono state eseguite alle profondità indicate di seguito:

- LF1-BH4: profondità di 25.0-26.0 m dal piano campagna;
- LF2-BH4: profondità di 35.0-36.0 m dal piano campagna.

Le due prove di permeabilità Lefranc sono state eseguite per abbassamento del carico idraulico e sono state condotte ed elaborate in base alle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana.

Per l'esecuzione della prova ad abbassamento del carico idraulico si immette dell'acqua pulita nel foro e si misura il livello dinamico, in abbassamento, dell'acqua. La perforazione, prima dell'esecuzione della prova di permeabilità, deve essere eseguita senza l'ausilio di fanghi o polimeri in aggiunta all'acqua.

Si aggiunge acqua nel foro innalzando il livello; all'istante in cui si sospende l'immissione si fa partire la misura dei tempi (t=0). Si eseguono quindi misure del livello a differenti intervalli di tempo, annotando i tempi e le relative altezze del livello dell'acqua nel foro.

I risultati delle prove di permeabilità con metodo Lefranc sono riassunti nelle tabelle 10.I e 10.II e nei grafici delle figure 10.1 e 10.2.

Test	**LF1-BH4**
Sondaggio	BH4
Data	20/01/2025
Diametro foro (m)	0.127
Profondità del sondaggio (m)	26.0
Profondità rivestimento (m)	25.0
Altezza rivestimento sopra p.c. (m)	0.80
Profondità di saturazione (m)	2.03
Altezza acqua a inizio prova H_0 (m)	2.83
Area tasca di prova (m^2)	0.0127
Lunghezza tasca di prova (m)	1.0
Fattore di forma	0.8

Dati di prova

Tempo (min)	Tempo (s)	Misura da testa tubo (m)	Battente h_w (m)	Permeabilità k (m/s)
0.0	0	0.000	2.830	
0.1	5	0.480	2.350	5.90E-04
1.0	60	1.600	1.230	1.87E-04
1.5	90	1.790	1.040	8.88E-05
2.0	120	1.970	0.860	1.01E-04
2.5	150	2.200	0.630	1.65E-04
3.0	180	2.400	0.430	2.02E-04
4.0	240	2.600	0.230	1.66E-04
5.0	300	2.800	0.030	5.39E-04
6.0	360	2.820	0.010	2.91E-04
7.0	420	2.830	0.000	-
8.0	480	2.830	0.000	-
10.0	600	2.830	0.000	-

Permeabilità media k (m/s) **2.59E-04**

Tabella 10.I. Dati e risultati della prova di permeabilità a carico variabile LF1-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 25.0 m e 26.0 m di profondità.

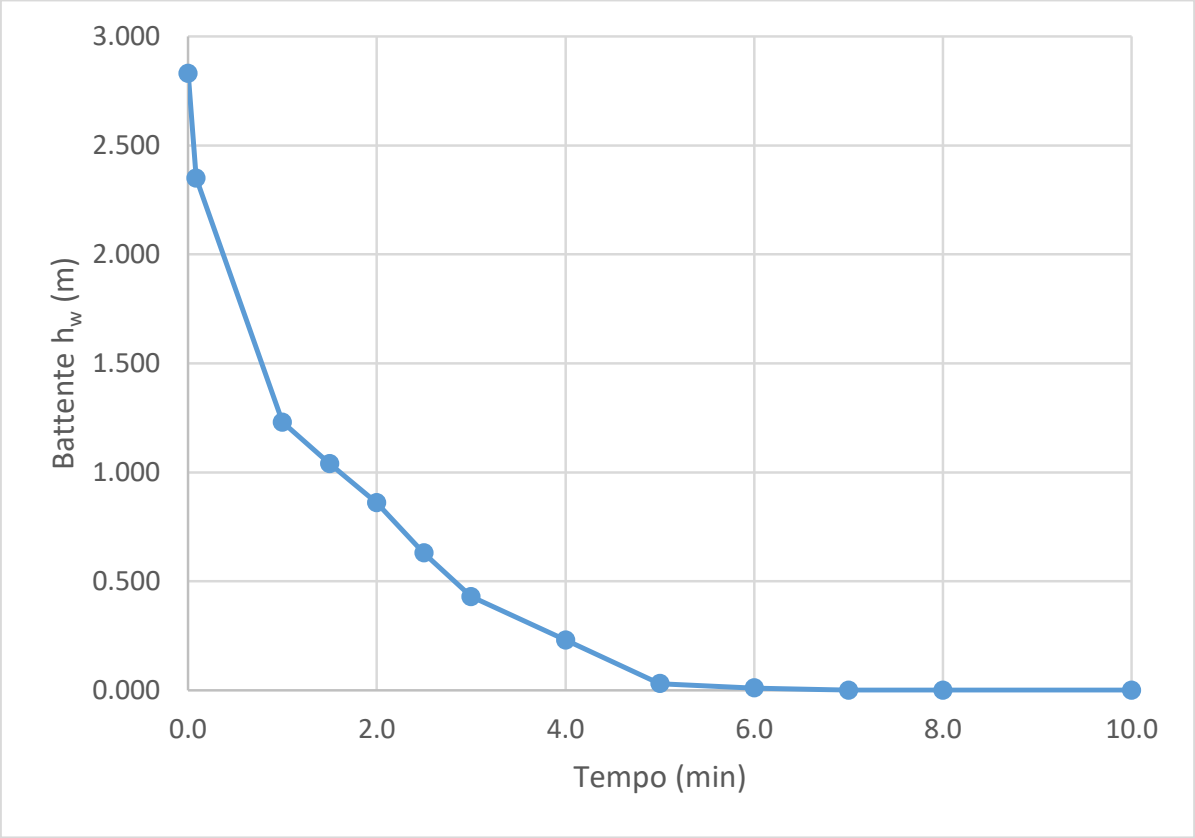


Figura 10.1. Andamento delle misure per la prova di permeabilità a carico variabile LF1-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 25.0 m e 26.0 m di profondità.

Test	**LF2-BH4**
Sondaggio	BH4
Data	24/01/2025
Diametro foro (m)	0.127
Profondità del sondaggio (m)	36.0
Profondità rivestimento (m)	35.0
Altezza rivestimento sopra p.c. (m)	0.70
Profondità di saturazione (m)	2.00
Altezza acqua a inizio prova H_0 (m)	2.70
Area tasca di prova (m^2)	0.0127
Lunghezza tasca di prova (m)	1.0
Fattore di forma	0.8

Dati di prova

Tempo (min)	Tempo (s)	Misura da testa tubo (m)	Battente h_w (m)	Permeabilità k (m/s)
0.0	0	0.000	2.700	
0.1	5	0.130	2.570	1.57E-04
1.0	60	1.000	1.700	1.19E-04
1.5	90	1.350	1.350	1.22E-04
2.0	120	1.560	1.140	8.95E-05
2.5	150	1.720	0.980	8.00E-05
3.0	180	1.920	0.780	1.21E-04
4.0	240	2.200	0.500	1.18E-04
5.0	300	2.370	0.330	1.10E-04
6.0	360	2.500	0.200	1.32E-04
7.0	420	2.600	0.100	1.83E-04
8.0	480	2.670	0.030	3.19E-04
10.0	600	2.700	0.000	-
12.0	720	2.700	0.000	-

Permeabilità media k (m/s) **1.41E-04**

Tabella 10.II. Dati e risultati della prova di permeabilità a carico variabile LF2-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 35.0 m e 36.0 m di profondità.

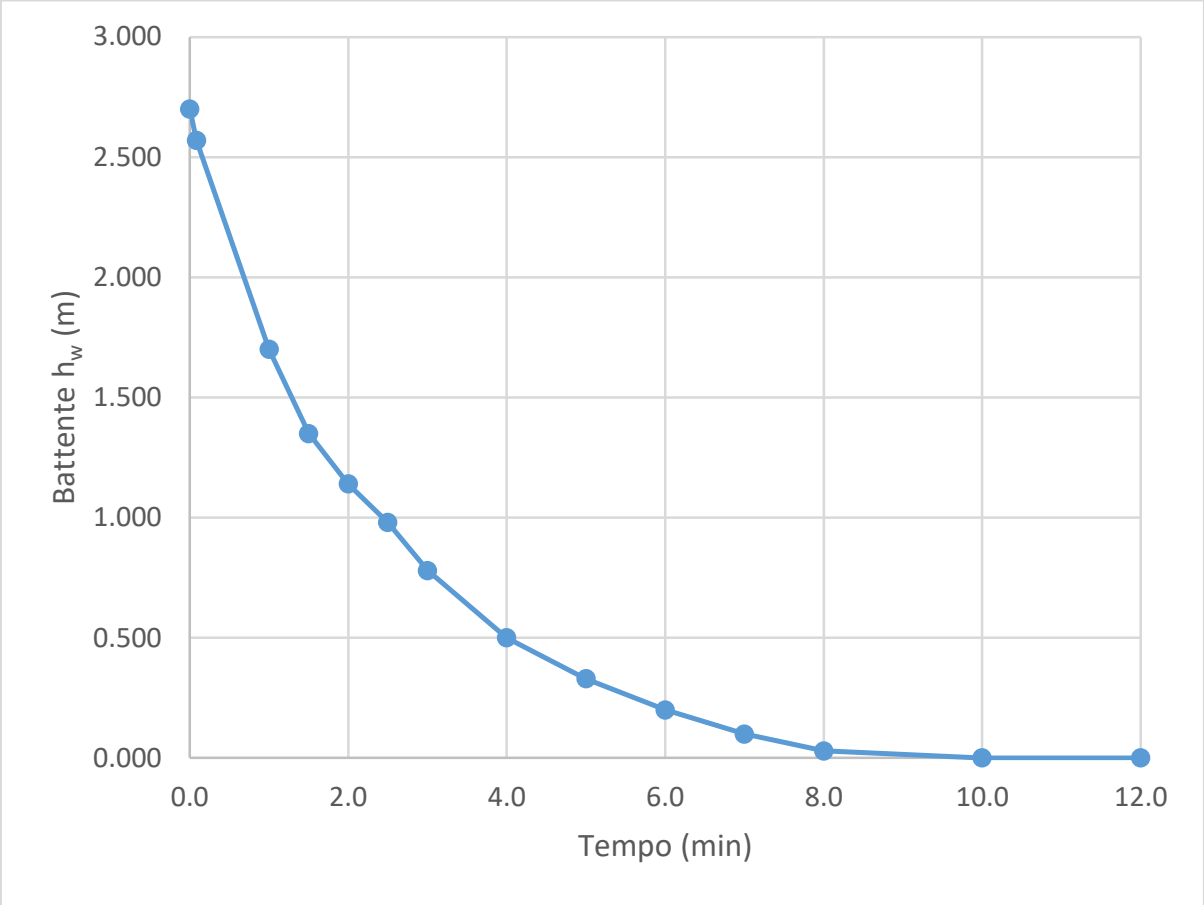


Figura 10.2. Andamento delle misure per la prova di permeabilità a carico variabile LF2-BH4 eseguita nel sondaggio BH4 PZ tra 35.0 m e 36.0 m di profondità.

Lo slug test, indicato con la sigla SLG1-BH4 è stato eseguito nel piezometro a tubo aperto, di diametro 3", installato nel sondaggio BH4 PZ, con tratto filtrante compreso tra 24 m e 30 m dal piano campagna. Lo slug test è stato eseguito con inserimento di un mallet cilindrico di diametro pari a 50 mm e volume pari a 2.45 dm^3.

Per la registrazione delle variazioni del livello dell'acqua nel piezometro è stato installato nel foro un sensore di pressione e datalogger Soilnst Levelogger5, che è stato impostato con frequenza di campionamento pari a 8 campioni/sec (1 campione ogni 0.125 sec). E' stata scelta una frequenza di campionamento

molto elevata in modo di poter fare fronte alla corretta elaborazione dei dati nel caso in cui l'acquifero potesse avere un comportamento di tipo underdamped, cioè, con predominanza della componente di inerzia nella variazione del livello della falda e quindi con conseguenza della necessità di eseguire l'elaborazione dei dati dello slug test con il metodo oscillatorio (oscillation test). In realtà si è visto che, a meno di una minima componente quasi istantanea ad inizio prova, il fenomeno oscillatorio nel caso del test in esame è del tutto assente. Chiaramente, l'elevato numero di campioni registrati non ha comportato alcun problema nel processing dei della prova, che in pratica ha mostrato un comportamento di tipo dumped.

L'elaborazione dei dati dello slug test è stata condotta mediante il programma Aquifer Test 12, della Waterloo Hydrogeologic.

I dati della prova sono stati elaborati applicando tre metodi classici interpretativi per test a componente principale non oscillatoria (comportamento damped) ed in particolare il metodo di Hvorslev, il metodo di Bouwer & Rice ed il metodo Dagan. Poiché per il metodo Bouwer & Rice si deve indicare lo spessore dell'acquifero, e non essendo noto con certezza questo dato, è stato ipotizzato uno spessore pari a 55 m, che è quello che meglio rispecchia i dati pubblicati per i pozzi limitrofi.

Con il metodo di Hvorslev la conducibilità idraulica dell'acquifero risulta pari a circa 1.34 x 10^{-4} m/s, mentre applicando il metodo di Bouwer & Rice si ottiene una conducibilità idraulica pari a circa 1.16 x 10^{-4} m/s. Infine, applicando il metodo di Dagan la conducibilità idraulica risulta pari a 1.23 x 10^{-4} m/s. I tre metodi concordano quindi in modo quasi perfettamente univoco nella determinazione della conducibilità idraulica dell'acquifero nell'intorno dell'area testata, che in media risulta pari a 1.24 x 10^{-4} m/s.

I risultati delle elaborazioni dello slug test sono riportati di seguito.

Waterloo HYDROGEOLOGIC

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data Page 1 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli	Test Date: 28/01/2025	
Water level at t=0 [m]: 4.22	Static Water Level [m]: 4.22	Water level change at t=0 [m]: 0.00

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
1	0.125	4.3059	0.0851
2	0.25	4.3066	0.0858
3	0.375	4.306	0.0852
4	0.5	4.306	0.0852
5	0.625	4.3051	0.0843
6	0.75	4.3042	0.0834
7	0.875	4.3028	0.082
8	1	4.3019	0.0811
9	1.125	4.3005	0.0797
10	1.25	4.30	0.0792
11	1.375	4.2982	0.0774
12	1.5	4.2979	0.0771
13	1.625	4.2967	0.0759
14	1.75	4.295	0.0742
15	1.875	4.2942	0.0734
16	2	4.2929	0.0721
17	2.125	4.2915	0.0707
18	2.25	4.2905	0.0697
19	2.375	4.2898	0.069
20	2.5	4.2881	0.0673
21	2.625	4.2866	0.0658
22	2.75	4.2861	0.0653
23	2.875	4.2845	0.0637
24	3	4.2833	0.0625
25	3.125	4.2819	0.0611
26	3.25	4.2812	0.0604
27	3.375	4.2798	0.059
28	3.5	4.2791	0.0583
29	3.625	4.2779	0.0571
30	3.75	4.2764	0.0556
31	3.875	4.2757	0.0549
32	4	4.275	0.0542
33	4.125	4.2736	0.0528
34	4.25	4.2727	0.0519
35	4.375	4.2714	0.0506
36	4.5	4.2709	0.0501
37	4.625	4.2701	0.0493
38	4.75	4.2689	0.0481
39	4.875	4.2684	0.0476
40	5	4.2676	0.0468
41	5.125	4.2666	0.0458
42	5.25	4.2659	0.0451
43	5.375	4.2654	0.0446
44	5.5	4.2648	0.044
45	5.625	4.2641	0.0433
46	5.75	4.2629	0.0421
47	5.875	4.2626	0.0418
48	6	4.2617	0.0409
49	6.125	4.2614	0.0406
50	6.25	4.2608	0.04
51	6.375	4.2601	0.0393
52	6.5	4.2594	0.0386
53	6.625	4.259	0.0382
54	6.75	4.2584	0.0376
55	6.875	4.258	0.0372
56	7	4.2574	0.0366
57	7.125	4.2565	0.0357

Waterloo HYDROGEOLOGIC

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data Page 2 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
58	7.25	4.2652	0.0354
59	7.375	4.2657	0.0349
60	7.5	4.2654	0.0346
61	7.625	4.2648	0.034
62	7.75	4.264	0.0332
63	7.875	4.2637	0.0329
64	8	4.2633	0.0325
65	8.125	4.2629	0.0321
66	8.25	4.2627	0.0319
67	8.375	4.262	0.0312
68	8.5	4.2616	0.0308
69	8.625	4.2612	0.0304
70	8.75	4.261	0.0302
71	8.875	4.2604	0.0296
72	9	4.2602	0.0294
73	9.125	4.2597	0.0289
74	9.25	4.2592	0.0284
75	9.375	4.2587	0.0279
76	9.5	4.2582	0.0274
77	9.625	4.248	0.0272
78	9.75	4.2575	0.0267
79	9.875	4.247	0.0262
80	10	4.2569	0.0261
81	10.125	4.2566	0.0257
82	10.25	4.2562	0.0254
83	10.375	4.2556	0.0247
84	10.5	4.2553	0.0245
85	10.625	4.245	0.0242
86	10.75	4.2548	0.024
87	10.875	4.2544	0.0236
88	11	4.2543	0.0235
89	11.125	4.2534	0.0226
90	11.25	4.2535	0.0227
91	11.375	4.2531	0.0223
92	11.5	4.2526	0.0218
93	11.625	4.2522	0.0214
94	11.75	4.2519	0.0211
95	11.875	4.2518	0.021
96	12	4.2515	0.0207
97	12.125	4.2512	0.0204
98	12.25	4.2507	0.0199
99	12.375	4.2506	0.0198
100	12.5	4.24	0.0192
101	12.625	4.24	0.0192
102	12.75	4.2397	0.0189
103	12.875	4.2396	0.0188
104	13	4.2394	0.0186
105	13.125	4.2392	0.0184
106	13.25	4.2387	0.0179
107	13.375	4.2383	0.0175
108	13.5	4.2384	0.0176
109	13.625	4.238	0.0172
110	13.75	4.2378	0.017
111	13.875	4.2375	0.0167
112	14	4.2373	0.0165
113	14.125	4.237	0.0162
114	14.25	4.2369	0.0161
115	14.375	4.2367	0.0159
116	14.5	4.2363	0.0155
117	14.625	4.2361	0.0153
118	14.75	4.2361	0.0153
119	14.875	4.2359	0.0151

Waterloo HYDROGEOLOGIC

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 3 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
120	15	4.2354	0.0146
121	15.125	4.2353	0.0146
122	15.25	4.2353	0.0147
123	15.375	4.235	0.0142
124	15.5	4.2347	0.0139
125	15.625	4.2345	0.0137
126	15.75	4.2343	0.0135
127	15.875	4.2341	0.0133
128	16	4.2341	0.0133
129	16.125	4.2339	0.0131
130	16.25	4.2336	0.0127
131	16.375	4.2336	0.0127
132	16.5	4.2333	0.0125
133	16.625	4.2331	0.0123
134	16.75	4.2327	0.0119
135	16.875	4.2329	0.0121
136	17	4.2326	0.0118
137	17.125	4.2323	0.0115
138	17.25	4.2321	0.0113
139	17.375	4.2323	0.0115
140	17.5	4.232	0.0112
141	17.625	4.2317	0.0109
142	17.75	4.2315	0.0107
143	17.875	4.2318	0.011
144	18	4.2311	0.0103
145	18.125	4.2313	0.0105
146	18.25	4.2311	0.0103
147	18.375	4.231	0.0102
148	18.5	4.2308	0.01
149	18.625	4.2307	0.0099
150	18.75	4.2307	0.0099
151	18.875	4.2306	0.0098
152	19	4.2301	0.0093
153	19.125	4.2302	0.0094
154	19.25	4.23	0.0092
155	19.375	4.2299	0.0091
156	19.5	4.2297	0.0089
157	19.625	4.2297	0.0089
158	19.75	4.2297	0.0089
159	19.875	4.2297	0.0089
160	20	4.2293	0.0085
161	20.125	4.2291	0.0083
162	20.25	4.2292	0.0084
163	20.375	4.2288	0.008
164	20.5	4.2287	0.0079
165	20.625	4.2287	0.0079
166	20.75	4.2285	0.0077
167	20.875	4.2288	0.008
168	21	4.2285	0.0077
169	21.125	4.2283	0.0075
170	21.25	4.2283	0.0075
171	21.375	4.2282	0.0074
172	21.5	4.228	0.0072
173	21.625	4.2283	0.0075
174	21.75	4.228	0.0072
175	21.875	4.2277	0.0069
176	22	4.2275	0.0067
177	22.125	4.2279	0.0071
178	22.25	4.2275	0.0067
179	22.375	4.2274	0.0066
180	22.5	4.2274	0.0066
181	22.625	4.2276	0.0068

Waterloo HYDROGEOLOGIC

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data Page 4 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
182	22.75	4.227	0.0062
183	22.875	4.2267	0.0059
184	23	4.227	0.0062
185	23.125	4.2268	0.006
186	23.25	4.2267	0.0059
187	23.375	4.2267	0.0059
188	23.5	4.2268	0.006
189	23.625	4.2264	0.0056
190	23.75	4.2266	0.0058
191	23.875	4.2263	0.0055
192	24	4.2264	0.0056
193	24.125	4.2265	0.0057
194	24.25	4.2261	0.0053
195	24.375	4.226	0.0052
196	24.5	4.2261	0.0053
197	24.625	4.2261	0.0053
198	24.75	4.2261	0.0053
199	24.875	4.2259	0.0051
200	25	4.2257	0.0049
201	25.125	4.2257	0.0049
202	25.25	4.2259	0.0051
203	25.375	4.2257	0.0049
204	25.5	4.2256	0.0048
205	25.625	4.2258	0.005
206	25.75	4.2256	0.0048
207	25.875	4.2254	0.0046
208	26	4.2254	0.0046
209	26.125	4.2254	0.0046
210	26.25	4.2252	0.0044
211	26.375	4.2251	0.0043
212	26.5	4.2253	0.0045
213	26.625	4.2248	0.004
214	26.75	4.2248	0.004
215	26.875	4.225	0.0042
216	27	4.2247	0.0039
217	27.125	4.2248	0.004
218	27.25	4.2249	0.0041
219	27.375	4.2247	0.0039
220	27.5	4.2246	0.0038
221	27.625	4.2249	0.0041
222	27.75	4.2249	0.0041
223	27.875	4.2242	0.0034
224	28	4.2243	0.0035
225	28.125	4.2247	0.0039
226	28.25	4.2246	0.0038
227	28.375	4.2244	0.0036
228	28.5	4.2243	0.0035
229	28.625	4.2246	0.0038
230	28.75	4.2243	0.0035
231	28.875	4.2243	0.0035
232	29	4.2242	0.0034
233	29.125	4.224	0.0032
234	29.25	4.2237	0.0029
235	29.375	4.2241	0.0033
236	29.5	4.224	0.0032
237	29.625	4.224	0.0032
238	29.75	4.2241	0.0033
239	29.875	4.2238	0.003
240	30	4.2234	0.0026
241	30.125	4.2239	0.0031
242	30.25	4.2239	0.0031
243	30.375	4.2238	0.003

Waterloo HYDROGEOLOGIC

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bemina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 5 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
244	30.5	4.2236	0.0026
245	30.625	4.2234	0.0026
246	30.75	4.2237	0.0029
247	30.875	4.2237	0.0029
248	31	4.2237	0.0029
249	31.125	4.2235	0.0027
250	31.25	4.2234	0.0026
251	31.375	4.2232	0.0024
252	31.5	4.2234	0.0026
253	31.625	4.2233	0.0025
254	31.75	4.2232	0.0024
255	31.875	4.2234	0.0026
256	32	4.2231	0.0023
257	32.125	4.2233	0.0025
258	32.25	4.2232	0.0024
259	32.375	4.2235	0.0027
260	32.5	4.2231	0.0023
261	32.625	4.2231	0.0023
262	32.75	4.2229	0.0021
263	32.875	4.223	0.0022
264	33	4.2233	0.0025
265	33.125	4.223	0.0022
266	33.25	4.223	0.0022
267	33.375	4.2231	0.0023
268	33.5	4.2231	0.0023
269	33.625	4.2227	0.0019
270	33.75	4.2229	0.0021
271	33.875	4.2228	0.002
272	34	4.2226	0.0018
273	34.125	4.2224	0.0016
274	34.25	4.2231	0.0023
275	34.375	4.2228	0.002
276	34.5	4.2229	0.0021
277	34.625	4.2226	0.0018
278	34.75	4.2227	0.0019
279	34.875	4.2229	0.0021
280	35	4.2225	0.0017
281	35.125	4.2225	0.0017
282	35.25	4.2225	0.0017
283	35.375	4.2227	0.0019
284	35.5	4.2223	0.0015
285	35.625	4.2224	0.0016
286	35.75	4.2226	0.0018
287	35.875	4.2224	0.0016
288	36	4.2225	0.0017
289	36.125	4.2223	0.0015
290	36.25	4.2223	0.0015
291	36.375	4.2224	0.0016
292	36.5	4.2224	0.0016
293	36.625	4.2221	0.0013
294	36.75	4.2223	0.0015
295	36.875	4.2222	0.0014
296	37	4.2221	0.0013
297	37.125	4.2225	0.0017
298	37.25	4.222	0.0012
299	37.375	4.2221	0.0013
300	37.5	4.2222	0.0014
301	37.625	4.2223	0.0015
302	37.75	4.2222	0.0014
303	37.875	4.2221	0.0013
304	38	4.222	0.0012
305	38.125	4.2219	0.0011

Waterloo HYDROGEOLOGIC

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 6 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
306	38.25	4.2222	0.0014
307	38.375	4.2218	0.001
308	38.5	4.222	0.0012
309	38.625	4.2217	0.0009
310	38.75	4.222	0.0012
311	38.875	4.2219	0.0011
312	39	4.2218	0.001
313	39.125	4.2218	0.001
314	39.25	4.2217	0.0009
315	39.375	4.2219	0.0011
316	39.5	4.2218	0.001
317	39.625	4.2216	0.0008
318	39.75	4.2218	0.001
319	39.875	4.2217	0.0009
320	40	4.2217	0.0009
321	40.125	4.2216	0.0008
322	40.25	4.2217	0.0009
323	40.375	4.2216	0.0008
324	40.5	4.2217	0.0009
325	40.625	4.2216	0.0008
326	40.75	4.2219	0.0011
327	40.875	4.2217	0.0009
328	41	4.2213	0.0005
329	41.125	4.2215	0.0007
330	41.25	4.2215	0.0007
331	41.375	4.2216	0.0008
332	41.5	4.2215	0.0007
333	41.625	4.2214	0.0006
334	41.75	4.2218	0.001
335	41.875	4.2217	0.0009
336	42	4.2216	0.0008
337	42.125	4.2216	0.0008
338	42.25	4.2212	0.0004
339	42.375	4.2213	0.0005
340	42.5	4.2215	0.0007
341	42.625	4.2215	0.0007
342	42.75	4.2213	0.0005
343	42.875	4.2214	0.0006
344	43	4.2214	0.0006
345	43.125	4.2214	0.0006
346	43.25	4.2214	0.0006
347	43.375	4.2212	0.0004
348	43.5	4.2211	0.0003
349	43.625	4.2211	0.0003
350	43.75	4.2213	0.0005
351	43.875	4.2214	0.0006
352	44	4.2213	0.0005
353	44.125	4.2212	0.0004
354	44.25	4.2214	0.0006
355	44.375	4.2213	0.0005
356	44.5	4.2213	0.0005
357	44.625	4.2214	0.0006
358	44.75	4.2211	0.0003
359	44.875	4.2212	0.0004
360	45	4.2215	0.0007
361	45.125	4.2211	0.0003
362	45.25	4.2212	0.0004
363	45.375	4.2214	0.0006
364	45.5	4.2212	0.0004
365	45.625	4.2212	0.0004
366	45.75	4.2212	0.0004
367	45.875	4.2211	0.0003

Waterloo HYDROGEOLOGIC

Company Name: Schinelli Consulting
Address: Via Bernina 16
City, State/Province: Arese (MI) Italy

Slug Test - Water Level Data — Page 7 of 7

Project: Zibido San Giacomo MXP109

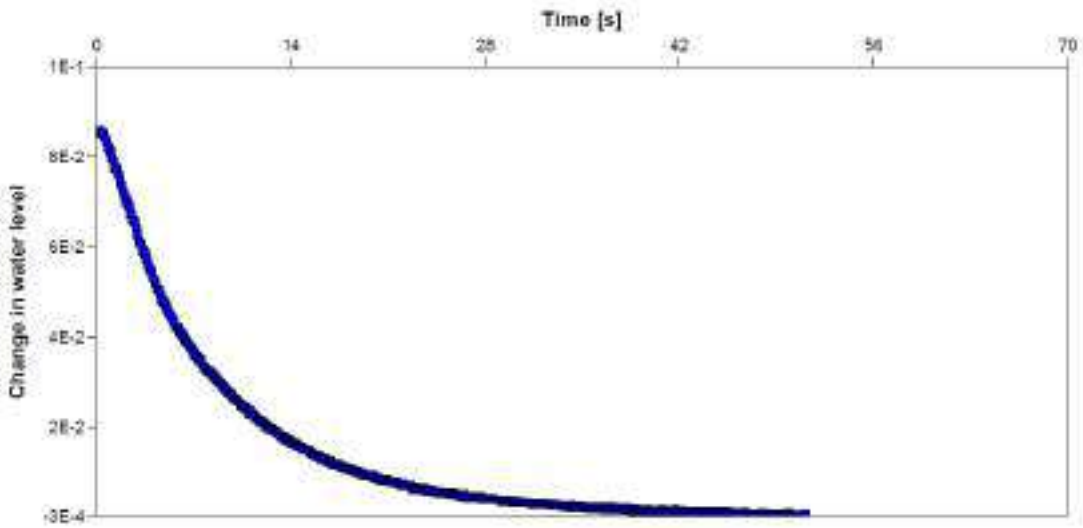
Number: SLG1-BH4

Client: Arup/AWS

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
368	46	4.2211	0.0003
369	46.125	4.2209	0.0001
370	46.25	4.221	0.0002
371	46.375	4.221	0.0002
372	46.5	4.2209	0.0001
373	46.625	4.221	0.0002
374	46.75	4.2212	0.0004
375	46.875	4.2208	0.00
376	47	4.2208	0.00
377	47.125	4.2209	0.0001
378	47.25	4.2208	0.00
379	47.375	4.2209	0.0001
380	47.5	4.2209	0.0001
381	47.625	4.2207	-0.0001
382	47.75	4.2208	0.00
383	47.875	4.221	0.0002
384	48	4.2208	0.00
385	48.125	4.221	0.0002
386	48.25	4.2209	0.0001
387	48.375	4.2207	-0.0001
388	48.5	4.2206	-0.0002
389	48.625	4.2208	0.00
390	48.75	4.2207	-0.0001
391	48.875	4.2209	0.0001
392	49	4.2209	0.0001
393	49.125	4.2207	-0.0001
394	49.25	4.2208	0.00
395	49.375	4.2206	-0.0002
396	49.5	4.2206	-0.0002
397	49.625	4.2205	-0.0003
398	49.75	4.2207	-0.0001
399	49.875	4.221	0.0002
400	50	4.2208	0.00
401	50.125	4.2205	-0.0003
402	50.25	4.2207	-0.0001
403	50.375	4.2207	-0.0001
404	50.5	4.2207	-0.0001
405	50.625	4.2207	-0.0001
406	50.75	4.2205	-0.0003
407	50.875	4.2207	-0.0001
408	51	4.2207	-0.0001
409	51.125	4.2208	0.00

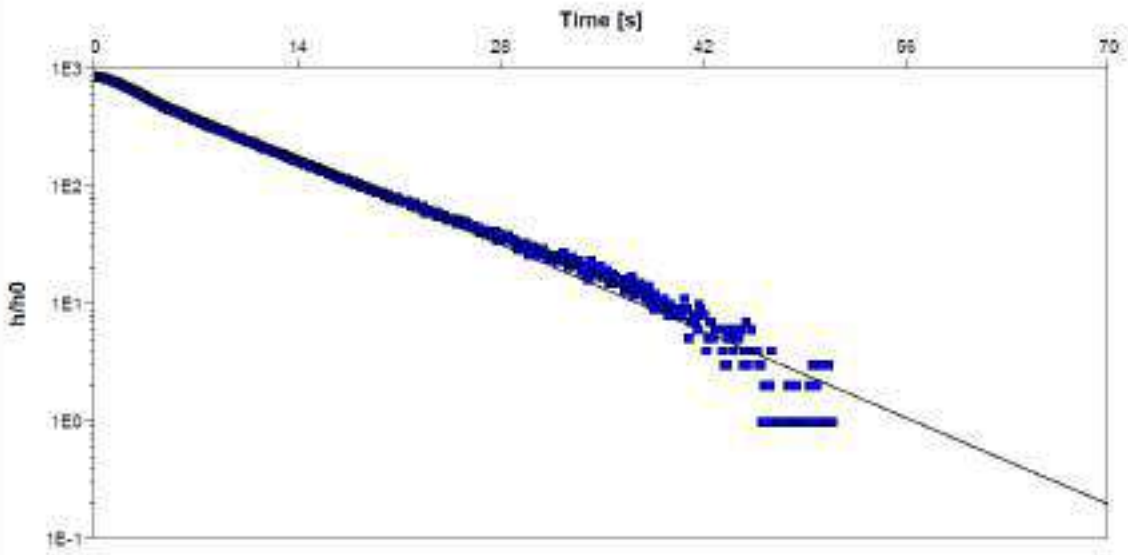
Waterloo HYDROGEOLOGIC	Company Name: Schinelli Consulting Address: Via Bernina 16 City, State/Province: Arese (MI) Italy	**Slug Test Analysis Report**
		Project: Zibido San Giacomo MXP109
		Number: SLG1-BH4
		Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Test data	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		



Waterloo HYDROGEOLOGIC **Company Name: Schinelli Consulting** **Address: Via Bernina 16** **City, State/Province: Arese (MI) Italy**	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Zibido San Giacomo MXP109
	Number: SLG1-BH4
	Client: Arup/AWS

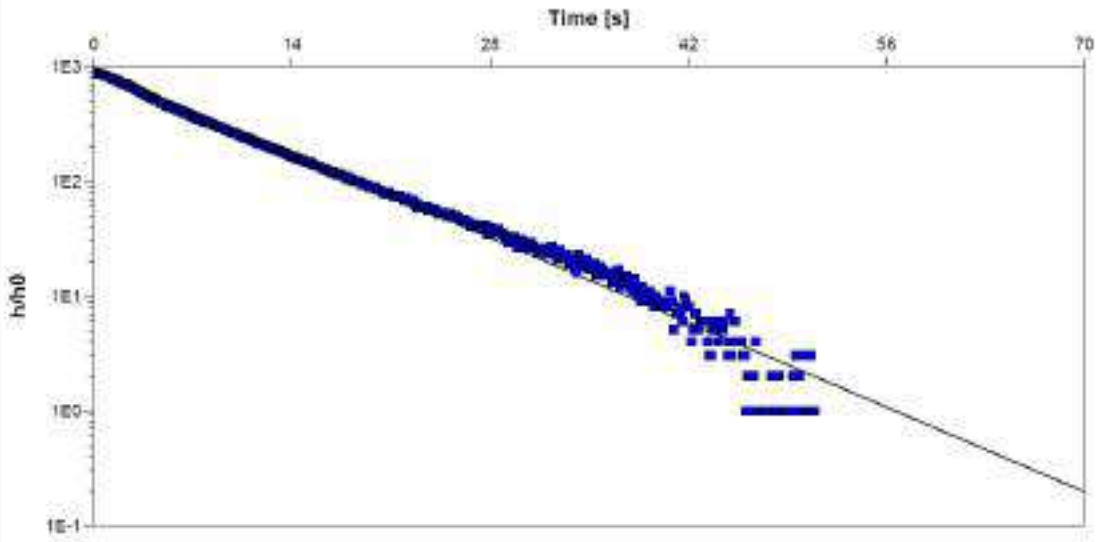
Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Hvroslev	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		



Calculation using Hvorslev		
Observation Well	Hydraulic Conductivity [m/s]	
BH4	1.34×10^{-5}	

Waterloo HYDROGEOLOGIC Company Name: Schinelli Consulting Address: Via Bemina 16 City, State/Province: Arese (MI) Italy	**Slug Test Analysis Report** Project: Zibido San Giacomo MXP109 Number: SLG1-BH4 Client: Arup/AWS

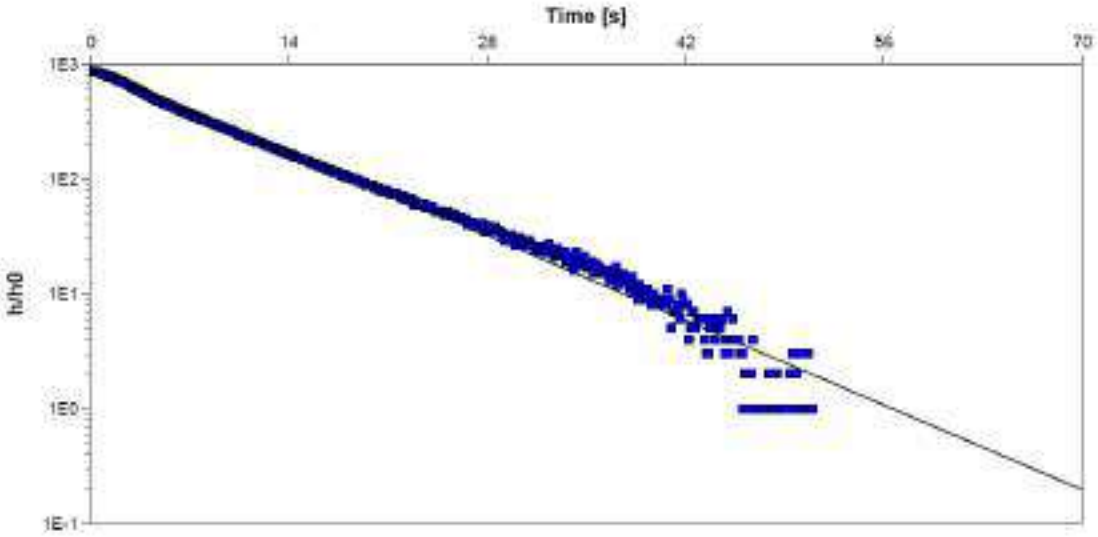
Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Bouwer & Rice	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		



Calculation using Bouwer & Rice		
Observation Well	Hydraulic Conductivity [m/s]	
BH4	1.16×10^{-4}	

Waterloo HYDROGEOLOGIC **Company Name: Schinelli Consulting** **Address: Via Bernina 16** **City, State/Province: Arese (MI) Italy**	**Slug Test Analysis Report** Project: Zibido San Giacomo MXP109 Number: SLG1-BH4 Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Analysis Performed by: Massimo Schinelli	Dagan	Analysis Date: 11/02/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		



Calculation using Dagan		
Observation Well	Hydraulic Conductivity [m/s]	
BH4	1.23×10^{-4}	

Waterloo HYDROGEOLOGIC **Company Name: Schinelli Consulting** **Address: Via Bernina 16** **City, State/Province: Arese (MI) Italy**	**Slug Test - Analyses Report** Project: Zibido San Giacomo MXP109 Number: SLG1-BH4 Client: Arup/AWS

Location: BH4	Slug Test: SLG1-BH4	Test Well: BH4
Test Conducted by: Massimo Schinelli		Test Date: 29/01/2025
Aquifer Thickness: 55.00 m		

	Analysis Name	Analysis Performed by	Analysis Date	Method name	Well	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	Hvorslev	Massimo Schinelli	11/02/2025	Hvorslev	BH4		1.34×10^{-4}	
2	Bouwer & Rice	Massimo Schinelli	11/02/2025	Bouwer & Rice	BH4		1.16×10^{-4}	
3	Dagan	Massimo Schinelli	11/02/2025	Dagan	BH4		1.23×10^{-4}	
					Average		1.24×10^{-4}	

11. PROVE DI RESISTIVITA' TERMICA

Le caratteristiche termiche dei terreni del sito sono state valutate eseguendo una serie di prove di resistività termica con misura della temperatura. Le prove sono state condotte in quattro dei sette pozzetti esplorativi, a profondità comprese tra 1.3 m e 1.4 m dal piano campagna.

In particolare le prove sono state eseguite nei seguenti pozzetti esplorativi.

- Prova TR TP1: pozzetto TP1;
- Prova TR TP2: pozzetto TP2;
- Prova TR TP4: pozzetto TP4;
- Prova TR TP5: pozzetto TP5.

Le prove di resistività termica sono state eseguite con il metodo "non steady state probe" (NSSP), che soddisfa i requisiti delle normative ASTM D 5334-92 e IEEE 422-1981. In particolare, l'attrezzatura impiega un ago termico (Thermal Needle), che viene direttamente introdotto nel terreno da testare mediante una lancia di prolunga, come mostrato nella figura seguente.

*Figura 11.**1. Una fase dell'esecuzione delle prove di resistività termica**.*

La sonda termica contiene una resistenza elettrica e può essere schematizzata come una sorgente termica lineare; all'interno dell'ago termico, oltre alla resistenza, è presente un sensore di temperatura. La sonda viene inserita a pressione nel terreno da investigare.

La misurazione della resistività, ovvero della conducibilità termica (inverso della resistività), si basa sulla seguente proprietà delle sorgenti termiche lineari: inserendo una sorgente termica lineare in un mezzo, dopo un periodo transitorio, l'aumento di temperatura (ΔT) dipende soltanto dalla potenza della sorgente riscaldante e dalla conducibilità termica del mezzo in cui l'ago termico è inserito. L'espressione analitica della suddetta relazione è riportata di seguito:

$$\Delta T = \left(\frac{Q}{4\pi\lambda} \right) \cdot \left(\ln t + B \right)$$

dove:

ΔT = variazione di temperatura [K];

Q = potenza unitaria di riscaldamento [W/m];

λ = conducibilità termica [W/mK];

B = costante strumentale.

La conducibilità termica - ovvero il suo inverso cioè la resistività termica - si ricava dalla relazione precedente misurando la potenza di riscaldamento e rilevando, generalmente per un tempo pari a 300 secondi, l'innalzamento di temperatura indotto.

La conducibilità, o la resistività termica, deve essere calcolata epurando la risposta termica del terreno dalla componente transitoria del rapporto tra potenza di riscaldamento ed innalzamento di temperatura.

Le misure di temperatura sono state eseguite, per ciascun'area di test, con il medesimo sensore termico usato per le prove di resistività e misurando la temperatura prima dell'esecuzione di ogni prova di resistività termica, in modo che le misure di temperatura non fossero influenzate dalla perturbazione termica indotta dall'esecuzione delle prove di resistività.

Nella tabella 11.I si riportano i risultati delle misure di temperatura condotte in corrispondenza delle quattro prove.

La temperatura minima misurata è pari a 10.40°C ed è stata registrata in corrispondenza della prova TR TP1, mentre la temperatura massima è uguale a 12.18°C ed è relativa alla prova TR TP4. Considerando tutte le prove eseguite la temperatura media del terreno risulta uguale a 11.17 °C.

Prova	Data	Ora	Profondità della misura (m)	Temperatura (° C)
TR TP1	17/12/2024	15:04	1.4	10.40
TR TP2	17/12/2024	16:38	1.4	11.00
TR TP4	17/12/2024	10:54	1.3	12.18
TR TP5	17/12/2024	11:52	1.3	11.08

Tabella 11.I. Risultati delle misure di temperatura del terreno.

Nelle tabelle dalla 11.II alla 11.V e nelle figure dalla 11.2 alla 11.5 si riportano i risultati delle prove di resistività termica.

L'analisi dei dati delle prove eseguite sul terreno in condizioni naturali consente di affermare che la resistività termica nel sito in esame è decisamente variabile e va da valori eccellenti a valori discreti.

In particolare, il valore minimo della resistività termica è pari a 0.70 mK/W, in corrispondenza della prova TR TP5 (pozzetto esplorativo TP5), mentre il valore

massimo è pari a 1.31 mK/W, in corrispondenza della prova TR TP4 (pozzetto esplorativo TP4).

La resistività termica media del terreno risulta pari a 1.02 mK/W.

Data la variabilità della resistività rilevata, nel caso si preveda l'installazione di cavi ad alta tensione interrati, si suggerisce vivamente di verificare puntualmente la resistività del terreno di posa lungo il tracciato di progetto, in modo da verificare che possa essere assicurata l'adeguata dissipazione termica dal cavo verso il terreno circostante.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP1**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	15:05:04
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP1
Profondità del test/campione (m):	1.4 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia debolmente limosa
Contenuto d'acqua (%):	12.2
Resistività termica (mK/W):	**1.26**

Note:

Tabella 11.II. Prova di resistività termica TR TP1.

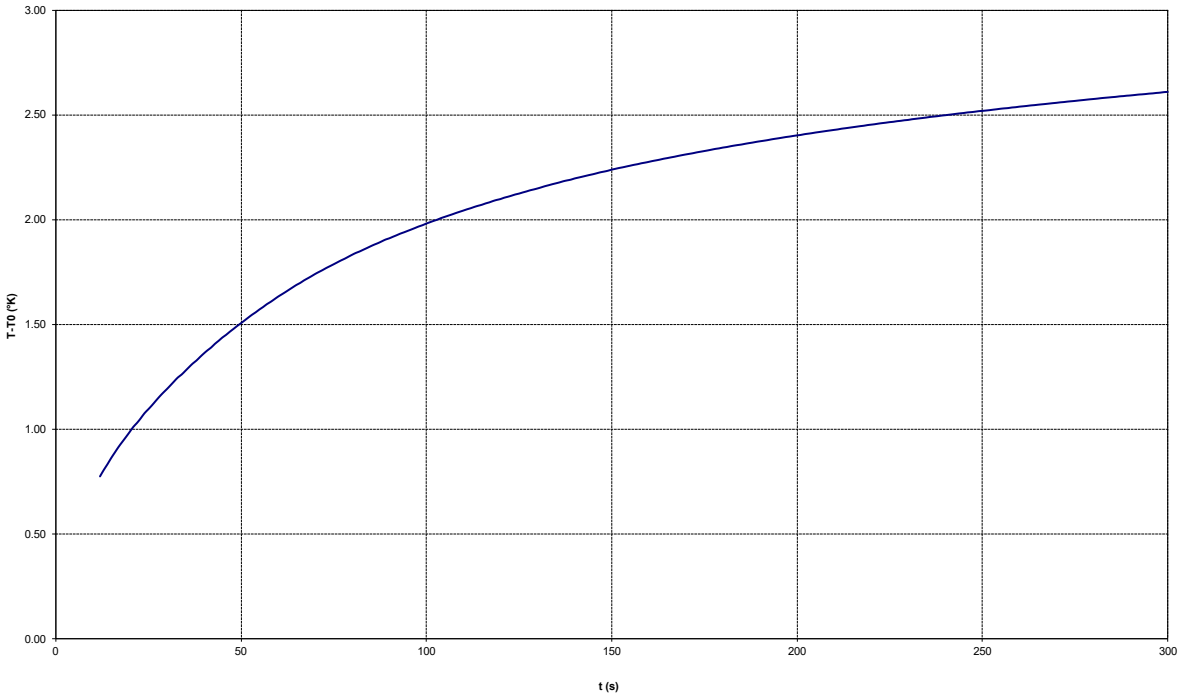


Fig. 11.2. Prova di resistività termica TR TP1. Grafico delle misure.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP2**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	16:39:12
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP2
Profondità del test/campione (m):	1.4 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia debolmente limosa
Contenuto d'acqua (%):	15.3
Resistività termica (mK/W):	**0.82**

Note:

Tabella 11.III. Prova di resistività termica TR TP2.

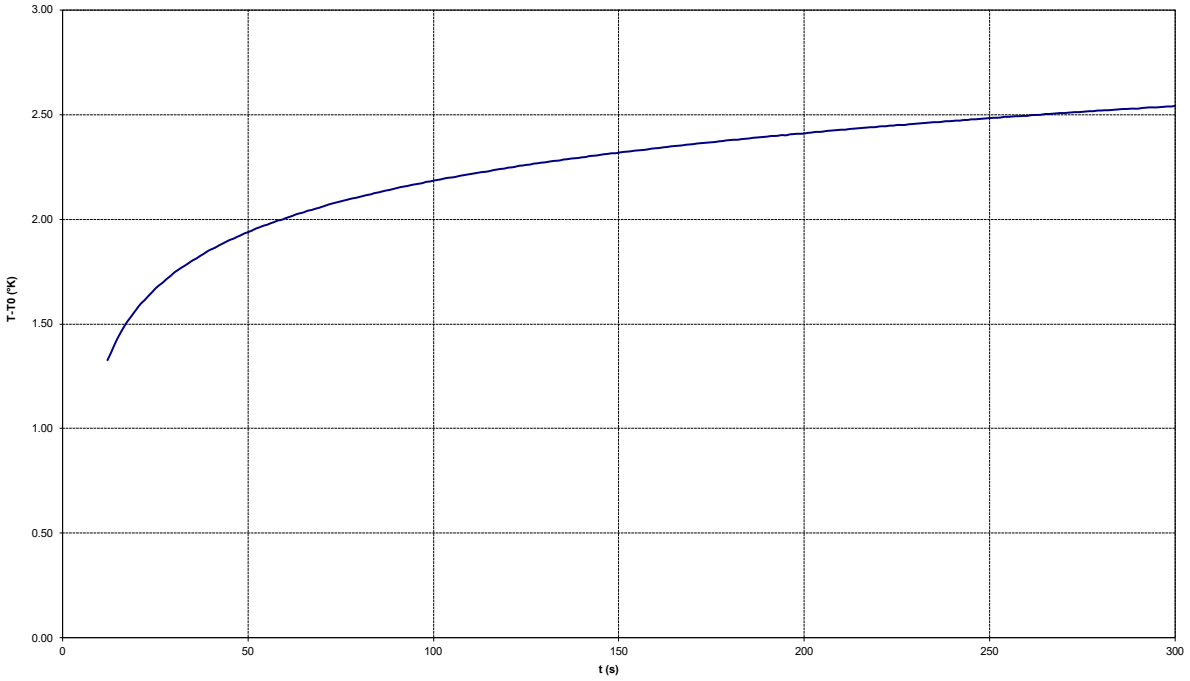


Fig. 11.3. Prova di resistività termica TR TP2. Grafico delle misure.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP4**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	10:55:00
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP4
Profondità del test/campione (m):	1.3 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia debolmente limosa con rari ciottoli
Contenuto d'acqua (%):	13.5
Resistività termica (mK/W):	**1.31**
Note:	

Tabella 11.IV. Prova di resistività termica TR TP4.

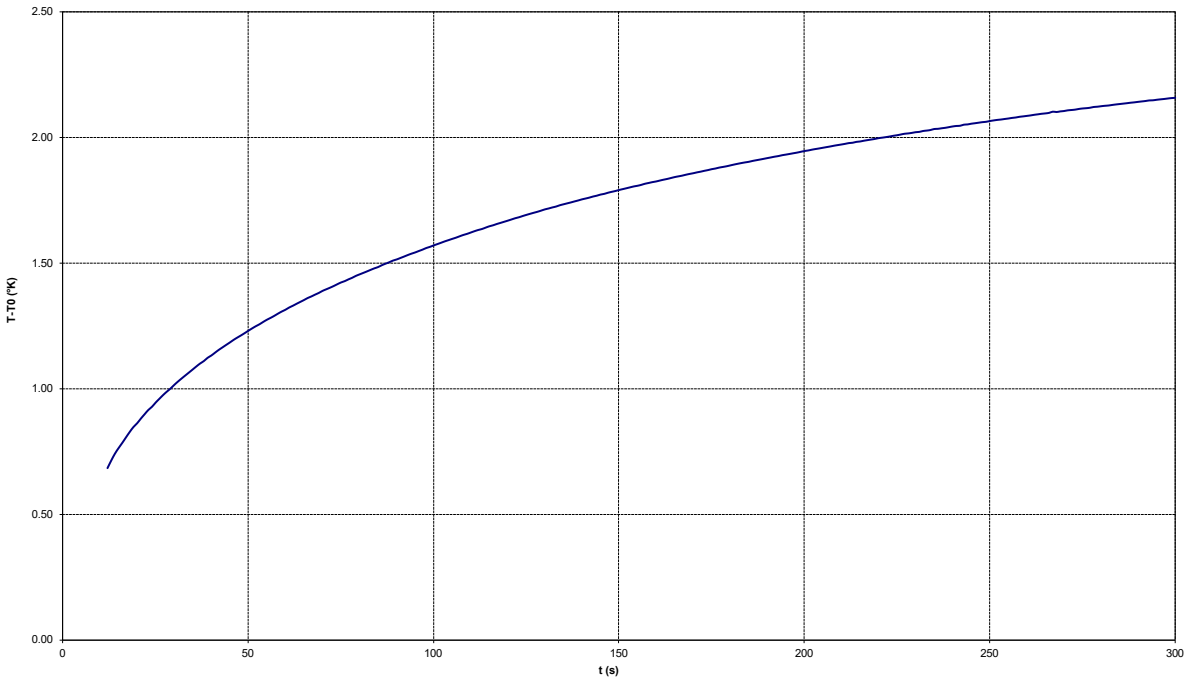


Fig. 11.4. Prova di resistività termica TR TP4. Grafico delle misure.

PROVA DI RESISTIVITA' TERMICA

Test:	**TR TP5**
Progetto:	MXP 109 - Zibido San Giacomo
Data:	17/12/2024
Orario di inizio della prova:	11:53:01
Tipo di prova:	Prova in sito
Ubicazione del test/campione:	Pozzetto esplorativo TP5
Profondità del test/campione (m):	1.3 m da piano campagna
Tipo di terreno:	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa
Contenuto d'acqua (%):	17.6
Resistività termica (mK/W):	**0.70**

Note:

Tabella 11.V. Prova di resistività termica TR TP8.

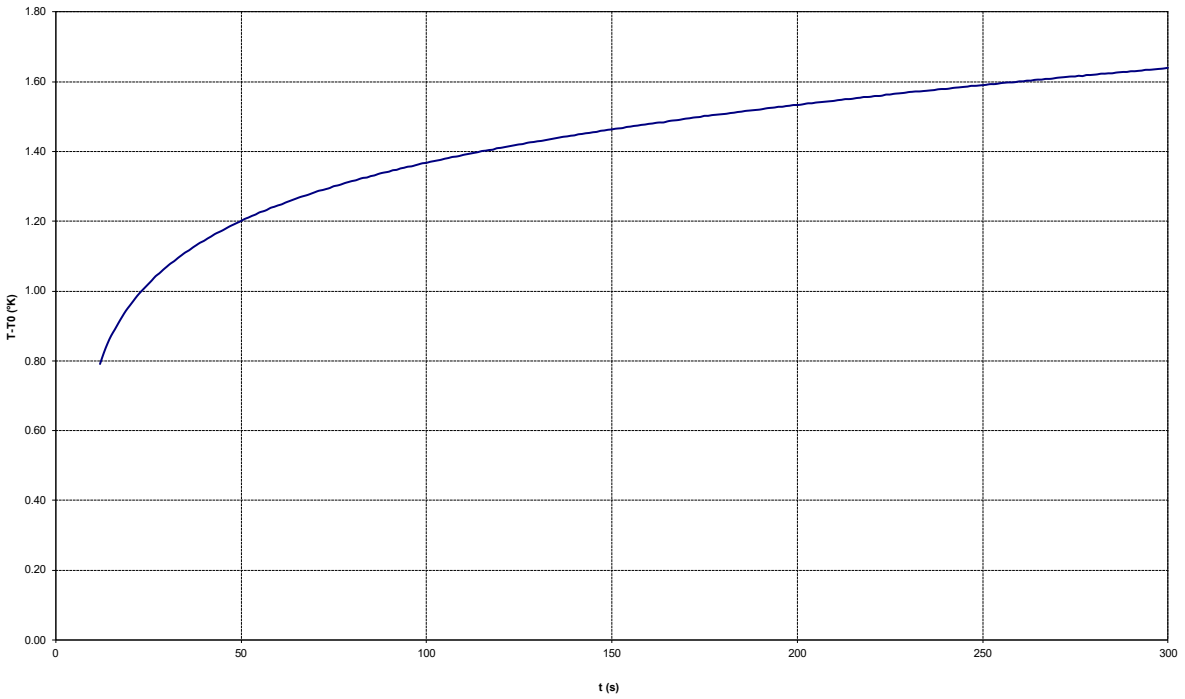


Fig. 11.5. Prova di resistività termica TR TP8. Grafico delle misure.

12. INDAGINE GEORADAR ED ELETTROMAGNETICA

Per verificare la presenza di eventuali sottoservizi e strutture sepolti e per correlare gli spessori delle solette in calcestruzzo, sul sito è stata eseguita un'indagine geofisica con metodo multidisciplinare, utilizzando sia un georadar con antenna di frequenza pari a 400 MHz ed un elettromagnetometro ad induzione (EM31).

L'indagine ha consentito di verificare che non sono presenti fondazioni occulte e d i sottoservizi che si rinvengono sono essenzialmente i cavidotti, generalmente vuoti, che collegano i pozzetti direttamente visibili sul sito. E' stato rinvenuto inoltre un sottoservizio che corre parallelo alla strada provinciale SP139 ed in fregio alla stessa, probabilmente costituito da una tubazione dell'acqua potabile, nonché un sottoservizio, probabilmente un cavo elettrico, che diparte dalla SP139 e raggiunge la cabina elettrica presente in prossimità dello spigolo nord-est del sito. Entrambi questi sottoservizi non interferiscono direttamente con le zone di costruzione del futuro progetto e comunque si raccomanda di valutarne l'esatta posizione ed interferenza mediante sopralluogo congiunto con gli enti gestori prima di eseguire gli scavi e le opere in progetto.

Per i dettagli dell'indagine geofisica si rimanda alla relazione specifica emessa dal geofisico, dott. Alberto Pagano e riportata nell'allegato 5.

13. PROVE DI LABORATORIO

Per la caratterizzazione dei terreni oggetto di studio, oltre alle indagini in sito descritte nei capitoli precedenti e negli allegati, sono state eseguite delle prove di laboratorio, sia di tipo geotecnico, sia di tipo chimico.

Le analisi di laboratorio geotecnico sono state condotte da un laboratorio autorizzato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ai sensi del D.P.R. n. 380/2001. Il laboratorio utilizzato per le prove geotecniche è la Geotea s.r.l., di San Lazzaro di Savena (BO).

Le prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi descritti nel presente documento sono le seguenti.

- n° 2 determinazioni del contenuto d'acqua e peso di volume;
- n° 2 determinazioni dei limiti di Atterberg (limite liquido e plastico);
- n° 4 analisi granulometriche
- n° 2 analisi densimetriche;
- n. 2 prove triassiali CD.

I risultati delle prove di laboratorio geotecnico sono riportati nell'allegato 3 del presente documento.

Le analisi chimiche sono state eseguite per verificare la possibile aggressività dei terreni e delle acque nei confronti del calcestruzzo.

Il laboratorio al quale sono state affidate le prove chimiche è Tecno Piemonte S.p.A, centro prove autorizzato dal Ministero dell'Ambiente, Interno, Salute, Sviluppo Economico, Istruzione Università e Ricerca Infrastrutture e Trasporti Art. 20 legge 1086/71 e DPR 380/01, nonché laboratorio certificato Accredia n. 1254 L.

In particolare, sono state eseguite le determinazioni del contenuto di cloruri e solfati, magnesio e ioni ammonio, nonché le determinazioni del pH, di due campioni d'acqua, come specificato nei certificati analitici riportati in allegato. L'acqua nel sottosuolo del sito ha caratteristiche di bassa aggressività nei confronti del calcestruzzo.

SCHINELLI CONSULTING

(Dott. Massimo Luca Schinelli)

ALLEGATO 1

SONDAGGI GEOGNOSTICI

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)		**SONDAGGIO** BH1 PZ	**FOGLIO** 1/1
	Data inizio:16/12/2024 Data fine: 18/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.86 m da p.c. (98.80 m s.l.m)	

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509802.10m Nord=5023474.68m Quota=100.66 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Piezometro 3" (testa tubo 100.75 m s.l.m.)	SPT
0.00			**P.C. 100.66 m s.l.m.**			
1.00			Riporto costituito da sabbia e ghiaia debolmente limosa con frammenti di laterizi			
1.60			Sabbia fine da limosa a debolmente limosa - colore beige			
1.86						
13.52			Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria da media a fine e la componente sabbiosa è generalmente media - colore grigio fino a 2.55 m di profondità e marrone grigiastro al disotto	9.5m 9.7m C.R.	tubo cieco	1.5 m: 5 5 11; 3 m: 5 7 10; 4.5 m: 4 6 12; 6 m: 5 6 21; 7.5 m: 17 15 13; 9 m: 13 17 16; 10.5 m: 9 5 7; 12 m: 4 7 11
15.10			Sabbia da fine a media, limosa - colore grigio plumbeo			15 m: 3 5 8
21.00			Sabbia debolmente ghiaiosa passante a tratti a sabbia ghiaiosa, con intercalazioni di livelli decimetrici aventi una matrice sabbioso limosa - colore da beige a marrone chiaro			18 m: 9 4 16
21.50			Sabbia fine limosa - colore marrone chiaro rossastro	21.5m C.I. 22.0m		21 m: 2 4 6
22.30			Limo argilloso - colore beige con sfumature rossastre (pocket 1.75 kg/cm^2)			
35.00			Sabbia da debolmente limosa a limosa. La componente sabbiosa ha granulometria variabile da fine a media. E' presente un livello con frazione in parte argillosa nella matrice tra 33.0m e 33.60m - colore marrone rossastro a tratti con sfumature grigiastre		24 m tubo fessurato 30 m	24 m: 3 6 7; 27 m: 11 22 29; 30 m: 13 21 24; 33 m: 9 13 28
			Fine sondaggio			

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
C.I.: campione indisturbato
C.R.: campione rimaneggiato

BH1 PZ 0-5 m

BH1 PZ 5-10 m

BH1 PZ 10-15 m

BH1 PZ 15-20 m

BH1 PZ 20-25 m

BH1 PZ 25-30 m

BH1 PZ 30-35 m

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)		**SONDAGGIO** BH2	**FOGLIO** 1/1
	Data inizio:13/01/2025 Data fine: 14/01/2025	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.63 m da p.c. (98.75 m s.l.m)	

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509935.25m Nord=5023500.61m Quota=100.39 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	SPT
0.00			**P.C. 100.39 m s.l.m.**		
0.40			Terreno vegetale a matrice sabbioso ghiaiosa debolmente limosa		
1.63 ▼			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La frazione ghiaiosa è da media a grossolana. La componente sabbiosa è da media media a grossolana e diventa medio-fine al disotto dei 10.1 m di profondità - colore da marrone chiaro a grigiastro		1.5 m: 5 5 6 4.5 m: 8 7 7 7.5 m: 16 17 17 10.5 m: 6 13 29 3 m: 3 5 7 6 m: 6 9 12 9 m: 3 8 15 12 m: 5 16 27 15 m: 8 14 24 18 m: 11 17 21 21.0 m: 7 8 10 24 m: 3 5 12 27 m: 8 11 19 30 m: 2 4 7 33 m: 5 9 11
12.75					
13.50			Limo sabbioso. La componente sabbiosa è fine - colore grigio		
21.00			Sabbia debolmente limosa, da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa. La sabbia è media passante a grossolana e la ghiaia ha granulometria da media a grossolana - colore da beige a marrone chiaro		
22.50			Limo argilloso - colore beige con sfumature ocracee (pocket 1.50 kg/cm^2)	22.0m C.I. 22.5m	
29.70			Sabbia debolmente limosa. La componente sabbiosa ha granulometria da fine a media - colore marrone chiaro		
31.05			Limo con sabbia. La frazione sabbiosa ha granulometria fine - colore grigio		
35.00			Sabbia limosa. La componente sabbiosa ha granulometria fine - colore da beige a marrone chiaro		
			Fine sondaggio		

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
C.I.: campione indisturbato

BH2 0-5 m

BH2 5-10 m

BH2 10-15 m

BH2 15-20 m

BH2 20-25 m

BH2 25-30 m

BH2 30-35 m

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)		**SONDAGGIO** BH3 PZ	**FOGLIO** 1/1
	Data inizio:08/01/2025 Data fine: 10/01/2025	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -2.05 m da p.c. (98.69 m s.l.m)	

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509900.35m Nord=5023395.23m Quota=100.74 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Piezometro 3" (testa tubo 100.89 m s.l.m.)	SPT
0.00			**P.C. 100.74 m s.l.m.**			
0.52			Riporto costituito da frammenti di macerie, ciottoli e sabbia limosa. Al fondo è presente una geomembrana in HDPE accoppiata ad un geotessuto			
2.05			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La frazione ghiaiosa è da media a grossolana. La componente sabbiosa è media. La porzione superiore dello strato potrebbe essere materiale di riporto, non è evidente il passaggio al terreno naturale - colore da bruno grigiastro a marrone			1.5 m: 13, 19, 21 3 m: 2, 4, 4 4.5 m: 7, 9, 10 6 m: 5, 12, 10 7.5 m: 9, 12, 14 9 m: 1, 1, 2 10.5 m: 7, 11, 9 12 m: 4, 12, 23
4.55			Sabbia debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria fine e la componente sabbiosa è generalmente media - colore marrone grigiastro		tubo cieco	
9.00			Sabbia media debolmente limosa - colore grigio plumbeo			
14.30						
15.00			Limo argilloso con sabbia - colore grigio			15 m: 2, 6, 7
			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La sabbia è media passante a grossolana e la ghiaia ha granulometria da media a grossolana - colore da beige a marrone chiaro	17.5m – 17.9m: C.R.		18 m: 13, 16, 18
21.00						21 m: 11, 14, 14
21.40			Sabbia fine limosa - colore beige	21.55m – 21.70m: C.R.		
22.50			Limo argilloso - colore beige con sfumature rossastre (pocket 2.50 kg/cm^2)			
			Sabbia debolmente limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore marrone chiaro	24.5m – 24.8m: C.R.	24 m – 30 m: tubo fessurato	24 m: 1, 3, 15 27 m: 7, 9, 16 30 m: 11, 17, 21
31.60						
			Limo sabbioso passante a sabbia limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore da beige a marrone chiaro			33 m: 6, 8, 12
35.00			**Fine sondaggio**			

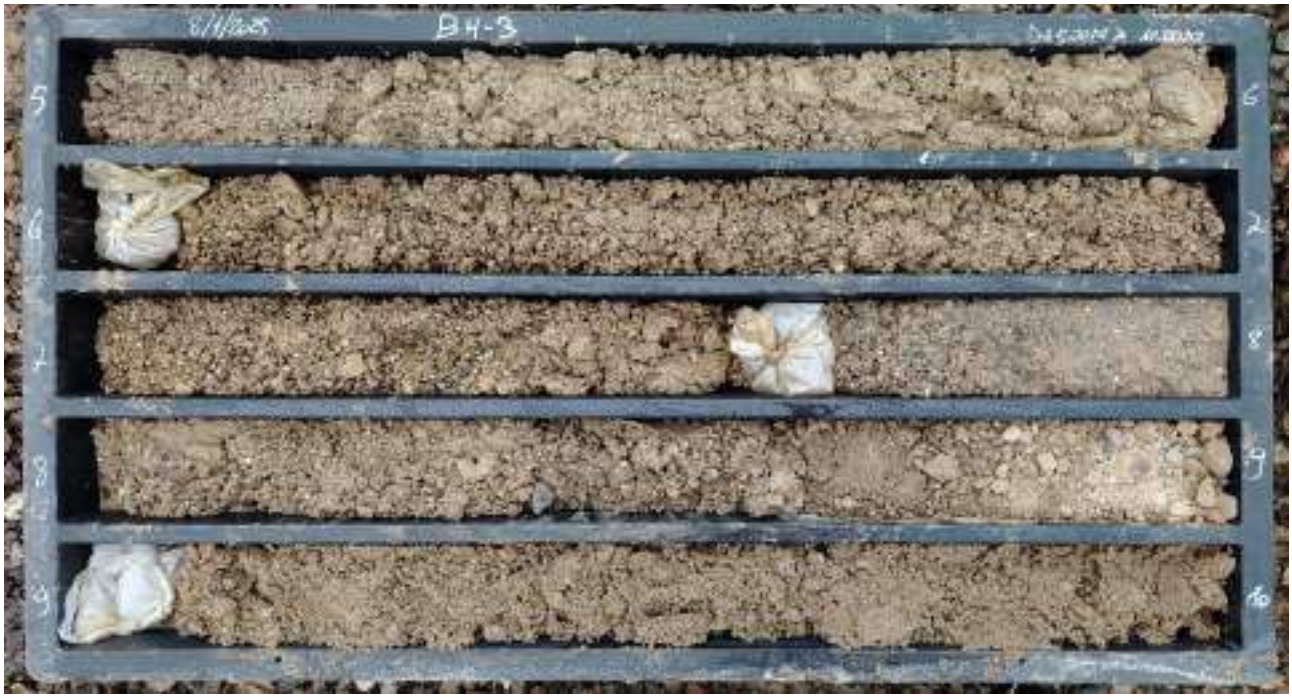
Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

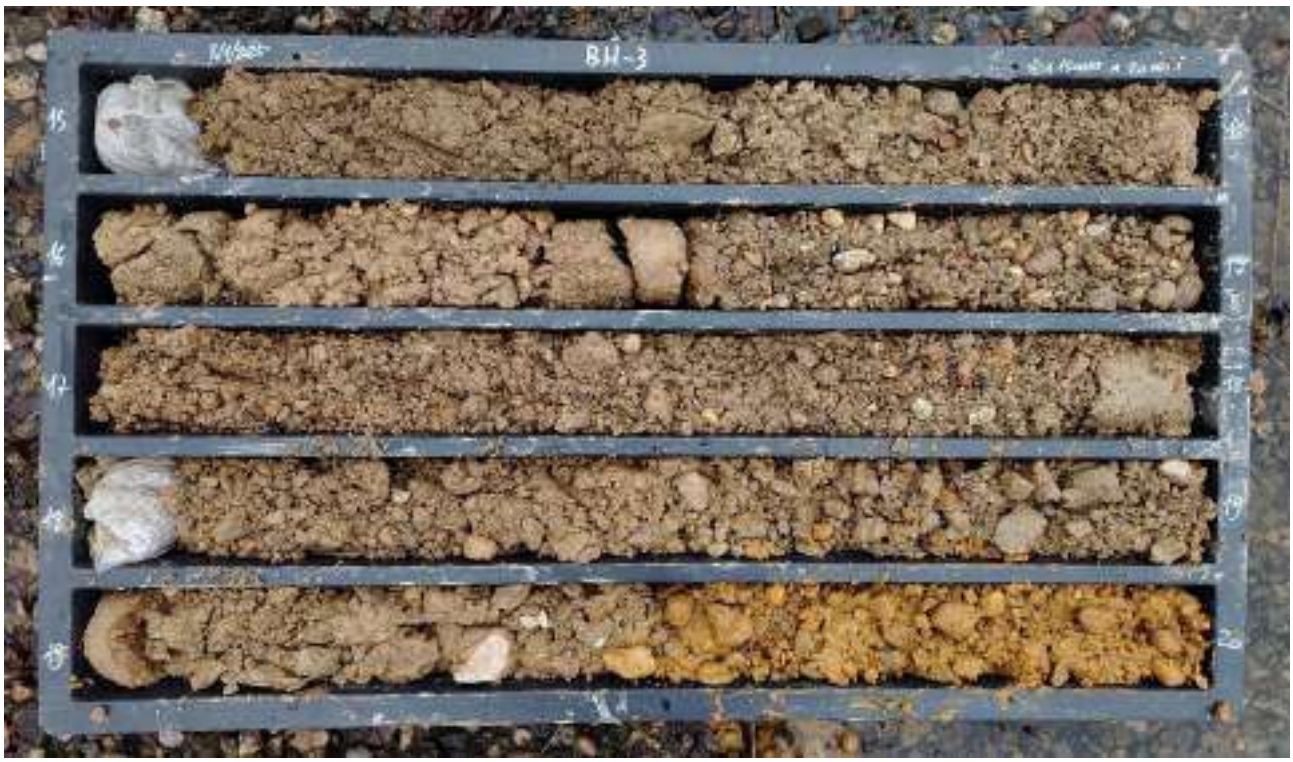
NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
C.R.: campione rimaneggiato

BH3 PZ 0-5 m



BH3 PZ 5-10 m

BH3 PZ 10-15 m



BH3 PZ 15-20 m

BH3 PZ 20-25 m

BH3 PZ 25-30 m

BH3 PZ 30-35 m

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)		**SONDAGGIO** BH4 PZ	**FOGLIO** 1/2
	Data inizio:20/01/2025 Data fine: 24/01/2025	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.97 m da p.c. (98.79 m s.l.m)	

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509816.66m Nord=5023389.11m Quota=100.76 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Piezometro 3" (testa tubo 100.89 m s.l.m.)	SPT
0.00			**P.C. 100.76 m s.l.m.**			
0.55 / 1.45			Riporto costituito da frammenti di macerie, ciottoli e sabbia limosa. A 0.55 m di profondità è presente una geomembrana in HDPE accoppiata ad un geotessuto			1.5 m: 6, 7, 10
1.97 / 4.30			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La frazione ghiaiosa è da media a grossolana. La componente sabbiosa è media - colore bruno grigiastro			3 m: 4, 6, 9
11.45			Sabbia debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria da fine a media e la componente sabbiosa è generalmente media - colore marrone grigiastro		tubo cieco	4.5 m: 3, 5, 11 6 m: 5, 7, 14 7.5 m: 9, 11, 13 9 m: 8, 13, 16 10.5 m: 7, 9, 12
13.40			Sabbia debolmente limosa. La frazione sabbiosa ha granulometria media - colore marrone grigiastro			12 m: 5, 8, 14
14.45			Limo argilloso con sabbia fine - colore grigio			
20.53			Sabbia con ghiaia debolmente limosa. La sabbia è media passante a grossolana e la ghiaia ha granulometria da media a grossolana - colore da beige a marrone chiaro (17.5m – 17.9m)			15 m: 5, 8, 14 18 m: 10, 9, 8
21.25			Sabbia fine limosa - colore beige			21 m: 7, 19, 11
22.00			Limo argilloso - colore beige con sfumature rossastre (pocket 1.75 kg/cm^2) (21.55m – 21.70m)			
31.55			Sabbia debolmente limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore marrone chiaro (25.0m – 26.0m: PER)	PER	24 m – 30 m: tubo fessurato	24 m: 4, 6, 9 27 m: 7, 16, 21 30 m: 10, 17, 19
34.30			Limo sabbioso passante a sabbia limosa. La componente sabbiosa ha granulometria media - colore marrone chiaro			
40.00			Sabbia da media a fine, a tratti debolmente limosa - colore marrone chiaro (35.0m – 36.0m: PER)	PER		36 m: 13, 18, 24

Segue al foglio 2/2

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta
PER: prova di permeabilità a carico variabile

SCHINELLI CONSULTING — GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**SONDAGGIO** BH4 PZ	**FOGLIO** 2/2
	Data inizio:20/01/2025 Data fine: 24/01/2025	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.97 m da p.c. (98.79 m s.l.m)

Coordinate sondaggio (UTM32 N):
Est=509816.66m Nord=5023389.11m Quota=100.76 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Piezometro 3" testa tubo 100.89 m s.l.m.	SPT
40.00						
45.10			Sabbia da media a fine, a tratti debolmente limosa - colore marrone chiaro			42 m 13 19 21
46.80			Sabbia debolmente ghiaiosa. La ghiaia ha granuolometria da fine a grossolana e la componente sabbiosa è generalmente media - colore marrone grigiastro			
50.00			Sabbia debolmente limosa. La frazione sabbiosa ha granulometria media - colore marrone grigiastro			48 m 12 19 27
			Fine sondaggio			

Sonda : Comacchio MCT 450

Diametro perforazione: 101 mm (carotiere) - 152 mm (rivestimento)

Sondatore : Iliev Rade - Antovski Zlatko

NOTE:
Tutte le prove SPT sono state eseguite a punta aperta

BH4 PZ 0-5 m

BH4 PZ 5-10 m

BH4 PZ 10-15 m

BH4 PZ 15-20 m

BH4 PZ 20-25 m

BH4 PZ 25-30 m

BH4 PZ 30-35 m

BH4 PZ 35-40 m

BH4 PZ 40-45 m

BH4 PZ 45-50 m

ALLEGATO 2

POZZETTI ESPLORATIVI

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP1**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509914.72m Nord=5023540.54m Quota =101.38 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			**P.C. 101.38 m s.l.m.**			
0.60			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia. Presenza di rari frammenti di laterizi. Si rinvengono resti vegetali poco abbondanti nei primi 25 cm di profondità. La ghiaia ha granuolometria generalmente da media a grossolana e la componente sabbiosa è media - colore marrone chiaro			
1.40			Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa. La granulometria della sabbia è da media a grossolana e la componente ghiaiosa è da fine a grossolana. Talora sono presenti ciottoli di dimensioni decimetriche - colore marrone tendente al grigiastro	TR 1.40m		
2.25			Sabbia da fine a media, debolmente limosa - colore grigio-marrone			
4.00			**Fine pozzetto**			

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP1

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP2**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.90 m da p.c. (possibile acqua di percolazione)

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509979.50m Nord=5023503.99m Quota =100.14 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.14 m s.l.m.			
0.60			Sabbia ghialosa debolmente limosa. La ghiaia ha granuolometria da grossolana a media e la componente sabbiosa è generalmente medio-fine. Sono presenti resti vegetali (radici) nei primi 35 cm di profondità - colore marrone chiaro tendente al rossastro			
1.00			Sabbia caratterizzata da granulometria da fine a media, debolmente limosa - colore grigio, talora con venature rossastre	TR 1.40m		
1.90 ▼						
2.00 2.10			Fine pozzetto			
3.00						
4.00						

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP2

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP3**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509813.79m Nord=5023357.29m Quota =100.71 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.71 m s.l.m.			
			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia e frammenti di laterizi. Deposito parzialmente cementato (è possibile che sia stata aggiunta una lieve quantità di cemento per assicurare le caratteristiche di portanza del riporto). Si rinvengono resti vegetali poco abbondanti nei primi 15 cm di profondità. Presente geotessuto accoppiato a geomembrana di HDPE a 68 cm di profondità dal piano campagna			
0.68			Fine pozzetto			
1.00						
1.40						
2.00						
2.50						
3.00						
4.00						

NOTE:
Il pozzetto è stato interrotto alla profondità della geomembrana per preservarne l'integrità

Pozzetto esplorativo TP3

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP4**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.95 m da p.c. (possibile acqua di percolazione)

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509827.39m Nord=5023489.02m Quota =100.70 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			**P.C. 100.70 m s.l.m.**			
0.60			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia. Sono talora presenti frammenti di laterizi. Si rinvengono resti vegetali poco abbondanti nei primi 20 cm di profondità. La ghiaia ha granuolometria generalmente da media a grossolana e la componente sabbiosa è media - colore marrone chiaro			
1.00			Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa, debolmente limosa. La granulometria della sabbia è da media a grossolana e la componente ghiaiosa è da fine a grossolana - colore marrone passante a grigiastro	TR 1.30m		
▼1.95						
2.00			**Fine pozzetto**			
3.00						
4.00						

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP4

SCHINELLI CONSULTING — GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP5**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** -1.97 m da p.c.

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509796.75m Nord=5023434.84m Quota =100.51 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			**P.C. 100.51 m s.l.m.**			
0.60			Materiale di riporto costituito da sabbia ghialosa debolmente limosa con frammenti di laterizi poco frequenti. La ghiaia ha granuolometria da media a grossolana e la componente sabbiosa è generalmente medio-fine. Sono presenti resti vegetali (radici) nei primi 20 cm di profondità - colore marrone			
1.00			Sabbia da debolmente limosa a limosa, debolmente ghiaiosa. La sabbia è medio fine, la componente ghiaiosa è da media a fine - colore marrone grigiastro, passante a grigio nella parte bassa	TR 1.30m		
1.97 ▼						
2.00						
2.10			**Fine pozzetto**			
3.00						
4.00						

NOTE:
TR: Prova di resistività termica

Pozzetto esplorativo TP5

SCHINELLI CONSULTING — GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP6**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509931.29m Nord=5023398.51m Quota =100.74 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.74 m s.l.m.			
0.67			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia e frammenti di laterizi. Deposito debolmente cementato (è possibile che sia stata aggiunta una lieve quantità di cemento per assicurare le caratteristiche di portanza del riporto). Sono presenti resti vegetali nei primi 15 cm di profondità. Presente geotessuto accoppiato a geomembrana di HDPE a 67 cm di profondità dal piano campagna			
			Fine pozzetto			
1.00						
2.00						
3.00						
4.00						

NOTE:
Il pozzetto è stato interrotto alla profondità della geomembrana per preservarne l'integrità

Pozzetto esplorativo TP6

SCHINELLI CONSULTING / GTA S.r.l. INDAGINI GEOLOGICHE	**Cantiere:** Zibido San Giacomo (MI)	**POZZETTO ESPLORATIVO**	**TP7**
	Data inizio: 17/12/2024 Data fine: 17/12/2024	**Committente:** Arup Italia / AWS	**Livello falda:** Non intercettata

Coordinate pozzetto (UTM32 N):
Est=509881.92m Nord=5023423.71m Quota =100.69 m s.l.m

Profondità m da p.c.	Prof. in m.	Stratigrafia	Descrizione terreno	Campioni/prove	Vane tester	Pocket penetrometer
0.00			P.C. 100.69 m s.l.m.			
			Terreno di riporto costituito da sabbia con ghiaia e frammenti di laterizi. Deposito parzialmente cementato (è possibile che sia stata aggiunta una lieve quantità di cemento per assicurare le caratteristiche di portanza del riporto). Sono presenti resti vegetali poco abbondanti nei primi 20 cm di profondità. E' stato rinvenuto geotessuto accoppiato a geomembrana di HDPE a 67 cm di profondità dal piano campagna			
0.67			Fine pozzetto			
1.00						
2.00						
3.00						
4.00						

NOTE:
Il pozzetto è stato interrotto alla profondità della geomembrana per preservarne l'integrità

Pozzetto esplorativo TP7

ALLEGATO 3

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Investigation site*	

DATI IDENTIFICATIVI DEI CAMPIONI E PROVE ESEGUITE

Samples identification and performed tests

Sondaggio *Borehole*	Campione *Sample*	Profondità *Depth*	Prove eseguite - *Performed tests*
BH1	CI1	21.50-22.00m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di consistenza di Atterberg, prova triassiale consolidata drenata.
BH2	CI1	22.00-22.50m	Prova triassiale consolidata drenata.
BH3	CR1	17.50-17.90m	Granulometria meccanica.
BH3	CR2	21.55-21.70m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro.
BH3	CR3	24.50-24.80m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di consistenza di Atterberg.

Note - *Remarks:*

Il nostro laboratorio esegue le prove commissionate secondo le norme di riferimento riportate su ogni certificato; il laboratorio segue inoltre le raccomandazioni contenute nella norma UNI EN 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura".
Questi risultati sono per uso esclusivo del cliente per il quale sono stati ottenuti. Essi sono applicabili solamente ai campioni testati e non sono indicativi di campioni apparentemente simili.
These results are for the exclusive use of the client for whom they were obtained. They apply only to the tested samples and are not indicative of apparently identical samples.

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 001
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	
Sondaggio - *Borehole*	**BH1**
Campione - *Sample*	**CI1**
Profondità - *Depth*	**21.50- 22.00m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 353.82

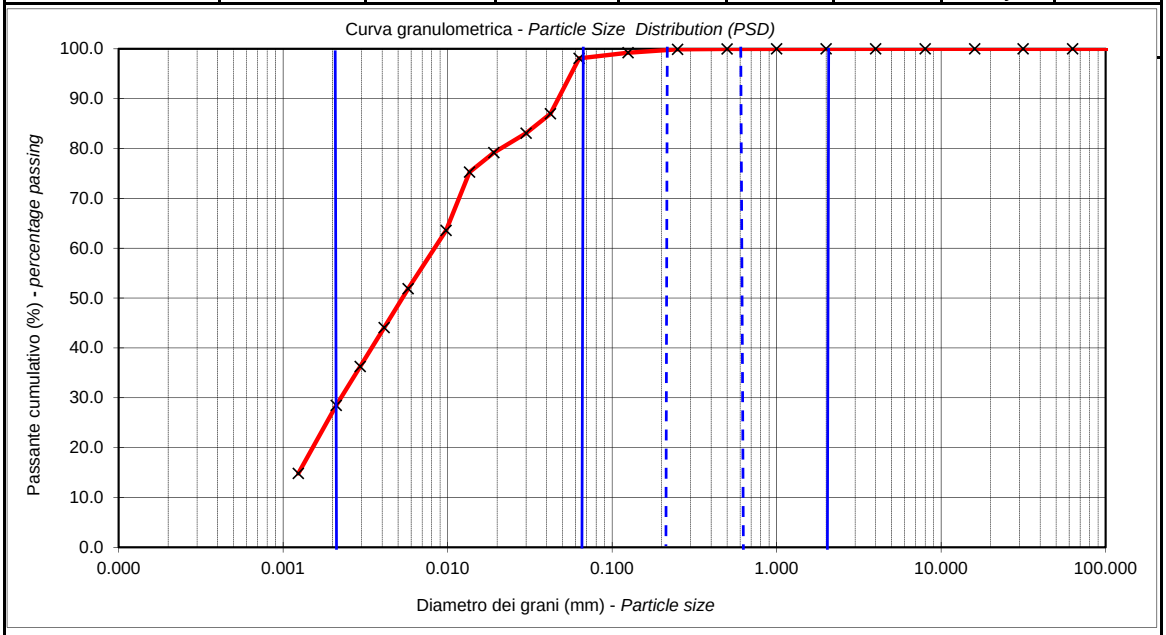
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	0.00	100.00
8	0.00	100.00
4	0.00	100.00
2	0.00	100.00
1	0.00	100.00
0.5	0.10	99.97
0.25	0.27	99.90
0.125	2.40	99.22
0.063	3.99	98.09

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.90

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.042	26.0	86.97
0.030	25.0	83.07
0.019	24.0	79.17
0.014	23.0	75.27
0.010	20.0	63.57
0.006	17.0	51.87
0.004	15.0	44.07
0.0029	13.0	36.27
0.0021	11.0	28.47
0.0012	7.5	14.82

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.00**	**Sabbia (%)** *Sand*	**3.51**	**Limo (%)** *Silt*	**69.65**	**Argilla (%)** *Clay*	**26.84**



D_{10} (mm) -

D_{60} (mm) 0.009

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate

temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

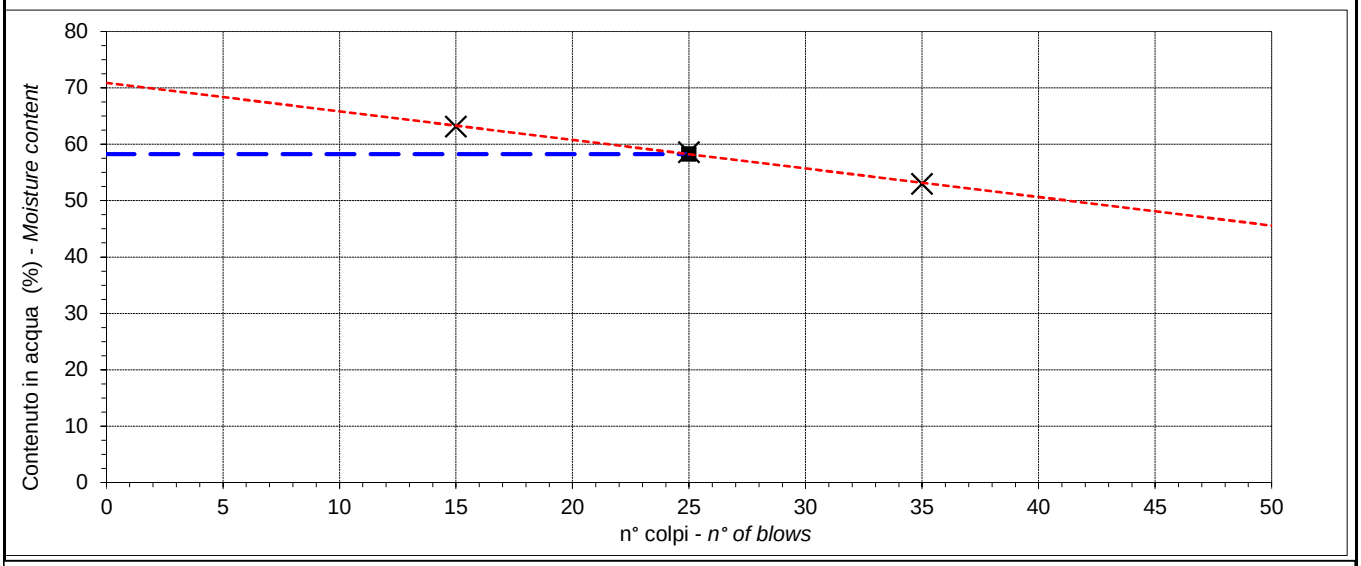
Normativa di riferimento: ASTM D4318 - 10

Technical specification

Certificato- *Test report*	3295- 25.2025- 002
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO
Sondaggio - *Borehole*	**BH1**
Campione - *Sample*	**CI1**
Profondità - *Depth*	**21.50- 22.00m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe campione - *Sample quality*	Q4

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Numero colpi - *Number of blows*	15	25	35
Massa tara (g) - *Tara weight*	70.59	70.76	71.28
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	82.40	80.42	80.57
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	77.83	76.85	77.35
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	63.12	58.62	52.99
Limite liquido (%) - *Liquid limit*		**58.24**	

Massa tara (g) - *Tara weight*	71.88	71.95	
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	80.12	80.21	
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	78.26	78.34	
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	29.15	29.26	differenza percentuale 0.38
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**29.21**		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 003
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO
Sondaggio - *Borehole*	**BH1**
Campione - Sample	**CI1**
Profondità - *Depth*	**21.50- 22.00m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe del campione - *Sample quality*	Q4

Caratteristiche campione

Pocket penetrometer. (kg/cm^2)	1.9- 1.1
Tor Vane (kg/cm^2)	0.8- 0.6
Umidità naturale (%) - *Moisture content*	37.76
Massa Volumica umida (kg/m^3) - *Bulk density*	1806.64
Massa Volumica secca (kg/m^3) - *dry density*	1311.48
assa specifica dei grani (kg/m^3) - *Particle density*	2649.92
Indice dei vuoti - *Void index*	1.02
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	98.03
Ghiaia (%) - *Gravel*	0.00
Sabbia (%) - *Sand*	3.51
Limo (%) - *Silt*	69.65
Argilla (%) - *Clay*	26.84
Limite liquido (%)	58
Limite plastico (%)	29
Indice plastico	29

Provino - *Specimen*	1	2	3
Altezza iniziale - *Initial height*	76.00	76.00	76.00
Altezza dopo consolidazione *Height after consolidation*	75.92	74.84	75.59
Area provino - *Specimen area*	11.50	11.50	11.50
Area dopo consolidazione *Area after consolidation*	11.47	11.14	11.37
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	99.84	99.91	99.89
Umidità finale (%) - *Final water content*	28.05	28.00	27.66
B di Skempton	0.92	0.94	0.91
σ3 (kPa)	350	450	530
Back pressure (kPa)	50	50	50
Velocità di taglio (mm/min) - *Shear rate*	0.0060	0.0060	0.0060

Note - *Remarks*

grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 003
Verbale - *Acceptance report*	3295

Studio della consolidazione - *Consolidation test*

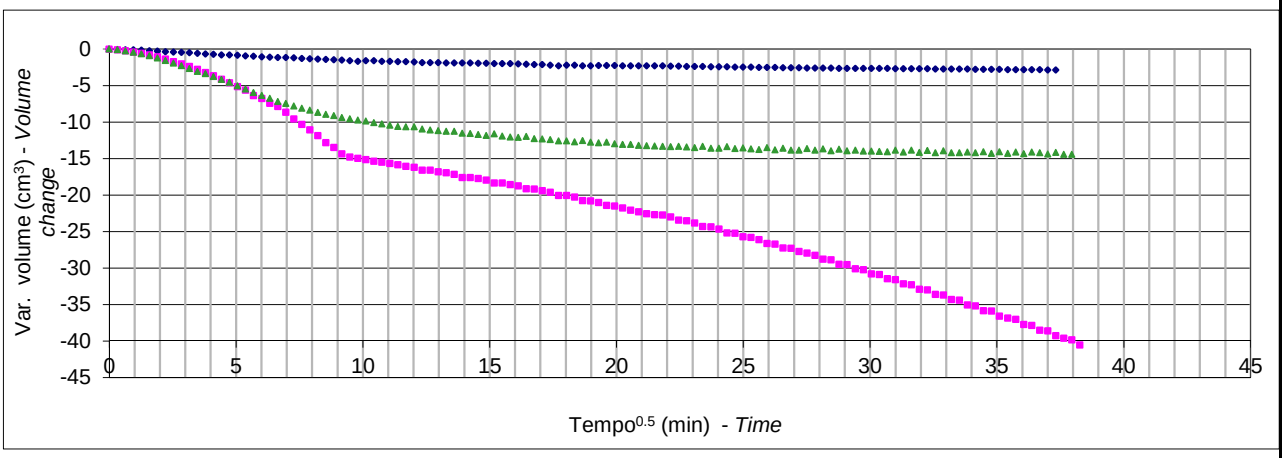
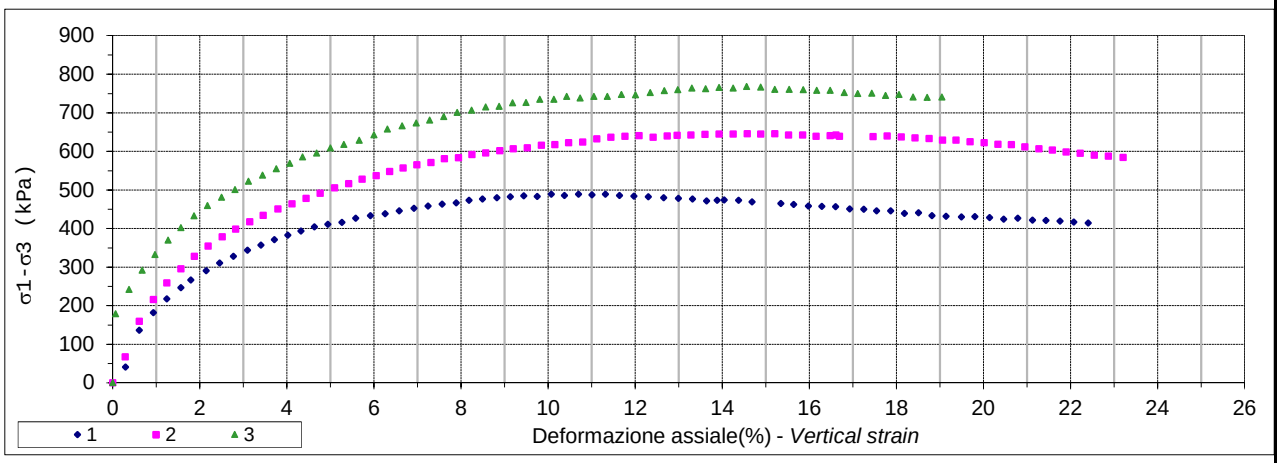
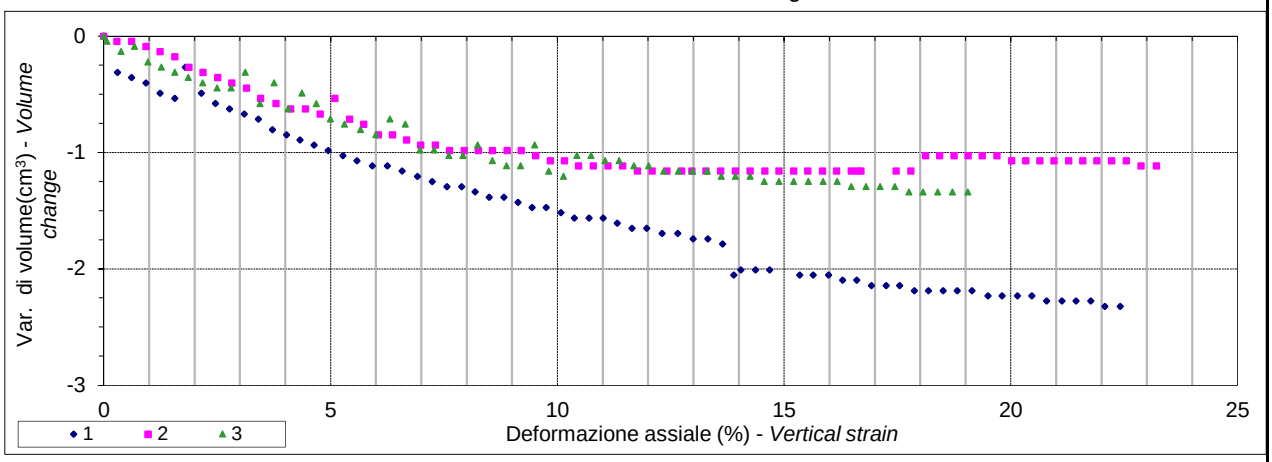


Grafico sforzi / deformazioni - *Stress / strain graph*



Variazione di Volume/deformazioni - *Volume change/vertical strain*



Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report* 3295- 25.2025- 003

Verbale - *Acceptance report* 3295

Provino 1 - *Specimen 1*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.30	41.17	0.31
0.61	136.66	0.36
0.93	181.65	0.40
1.24	217.54	0.49
1.57	246.54	0.54
1.80	266.84	0.27
2.15	291.06	0.49
2.46	310.87	0.58
2.77	328.37	0.63
3.09	343.53	0.67
3.40	357.56	0.71
3.72	371.48	0.80
4.03	383.16	0.85
4.32	393.75	0.89
4.63	404.21	0.94
4.94	411.39	0.98
5.27	416.35	1.03
5.58	426.60	1.07
5.92	433.49	1.12
6.25	438.23	1.12
6.58	446.12	1.16
6.92	452.83	1.21
7.24	458.52	1.25
7.57	463.12	1.29
7.89	466.65	1.29
8.19	473.35	1.34
8.50	476.87	1.38
8.82	480.28	1.38
9.13	482.71	1.43
9.44	485.11	1.47
9.75	483.45	1.47
10.08	488.75	1.52
10.38	486.13	1.56
10.70	489.37	1.56
11.01	487.66	1.56
11.32	488.93	1.61
11.64	485.71	1.65
11.97	483.93	1.65
12.31	482.07	1.70
12.66	480.14	1.70
13.00	478.28	1.74
13.32	476.50	1.74
13.64	471.83	1.79
14.05	474.42	2.01
14.37	473.58	2.01
14.68	469.00	2.01
13.89	473.38	2.05
15.35	465.36	2.05
15.64	462.79	2.05
15.98	458.13	2.05
16.29	457.37	2.10
16.60	456.60	2.10
16.93	451.11	2.14
17.25	450.28	2.14
17.55	445.89	2.14
17.87	445.97	2.19
18.18	439.71	2.19
18.51	440.71	2.19
18.82	433.59	2.19
19.14	431.85	2.19
19.49	429.98	2.23
19.80	431.00	2.23
20.14	428.29	2.23
20.47	424.78	2.23
20.79	426.59	2.28
21.13	422.13	2.28
21.44	421.34	2.28
21.76	419.60	2.28
22.07	417.07	2.32
22.41	414.40	2.32

Provino 2 - *Specimen 2*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.28	67.54	0.04
0.61	159.26	0.04
0.93	216.16	0.09
1.24	259.32	0.13
1.57	296.11	0.18
1.88	327.84	0.27
2.19	354.55	0.31
2.51	378.62	0.36
2.82	398.98	0.40
3.15	417.95	0.45
3.46	434.47	0.54
3.80	450.75	0.58
4.12	464.60	0.63
4.44	478.34	0.63
4.77	491.98	0.67
5.09	505.52	0.54
5.42	516.62	0.71
5.73	527.72	0.76
6.05	537.49	0.85
6.36	548.41	0.85
6.67	556.94	0.89
6.98	565.41	0.94
7.31	571.44	0.94
7.62	580.92	0.98
7.94	583.42	0.98
8.25	591.63	0.98
8.56	596.39	0.98
8.89	602.14	0.98
9.20	606.80	0.98
9.52	609.10	1.03
9.85	615.81	1.07
10.16	618.12	1.07
10.47	622.61	1.12
10.79	624.75	1.12
11.12	632.35	1.12
11.44	636.59	1.12
11.77	639.70	1.16
12.09	640.60	1.16
12.41	637.16	1.16
12.74	640.18	1.16
12.97	641.71	1.16
13.28	642.64	1.16
13.60	644.49	1.16
13.93	645.25	1.16
14.25	644.94	1.16
14.58	645.66	1.16
14.89	645.41	1.16
15.21	646.09	1.16
15.52	642.68	1.16
15.85	642.29	1.16
16.16	639.32	1.16
16.48	640.97	1.16
16.70	639.32	1.16
16.62	643.02	1.16
17.47	638.48	1.16
17.79	640.03	1.16
18.12	637.50	1.03
18.43	635.08	1.03
18.75	633.56	1.03
19.06	629.14	1.03
19.37	629.71	1.03
19.70	625.19	1.03
20.02	622.67	1.07
20.33	618.29	1.07
20.64	617.84	1.07
20.95	611.51	1.07
21.28	607.08	1.07
21.59	603.71	1.07
21.90	598.44	1.07
22.22	594.99	1.07
22.55	590.60	1.07
22.87	588.13	1.12
23.21	584.61	1.12

Provino 3 - *Specimen 3*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.07	178.67	0.04
0.38	241.94	0.13
0.68	291.54	0.09
0.97	331.98	0.22
1.27	369.23	0.27
1.57	401.85	0.31
1.86	432.80	0.36
2.17	459.13	0.40
2.50	480.85	0.45
2.81	501.04	0.45
3.12	522.53	0.31
3.44	538.05	0.58
3.76	554.96	0.40
4.07	568.89	0.63
4.36	585.65	0.49
4.69	595.02	0.58
5.00	608.66	0.72
5.31	617.96	0.76
5.66	628.31	0.80
6.00	642.87	0.85
6.31	657.50	0.72
6.65	666.26	0.76
6.97	673.64	0.98
7.28	681.06	0.98
7.61	689.70	1.03
7.92	701.10	1.03
8.24	706.83	0.94
8.56	715.24	1.07
8.88	716.88	1.12
9.19	725.26	1.12
9.50	726.82	0.94
9.81	735.08	1.16
10.13	735.11	1.21
10.43	742.02	1.03
10.74	738.12	1.03
11.05	742.18	1.07
11.36	742.23	1.07
11.69	747.40	1.12
12.01	745.97	1.12
12.35	752.26	1.16
12.67	757.27	1.16
12.98	759.77	1.16
13.31	763.40	1.16
13.62	761.94	1.21
13.93	765.62	1.21
14.25	764.02	1.21
14.56	767.61	1.25
14.89	765.96	1.25
15.21	760.53	1.25
15.54	760.12	1.25
15.86	759.72	1.25
16.17	758.17	1.25
16.48	757.85	1.30
16.81	752.42	1.30
17.12	749.61	1.30
17.44	750.37	1.30
17.75	745.10	1.34
18.06	747.17	1.34
18.39	740.56	1.34
18.71	740.05	1.34
19.05	740.59	1.34

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 004
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO
Sondaggio - *Borehole*	**BH2**
Campione - Sample	**CI1**
Profondità - *Depth*	**22.00- 22.50m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe del campione - *Sample quality*	Q4

Caratteristiche campione

Pocket penetrometer. (kg/cm^2)	1.6- 2.1
Tor Vane (kg/cm^2)	0.8- 0.6
Umidità naturale (%) - *Moisture content*	37.64
Massa Volumica umida (kg/m^3) - *Bulk density*	1758.94
Massa Volumica secca (kg/m^3) - *dry density*	1277.88
ssa specifica dei grani (kg/m^3) - *Particle density*	2687.01
Indice dei vuoti - *Void index*	1.10
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	91.73
Ghiaia (%) - *Gravel*	-
Sabbia (%) - *Sand*	-
Limo (%) - *Silt*	-
Argilla (%) - *Clay*	-
Limite liquido (%)	-
Limite plastico (%)	-
Indice plastico	-

Provino - *Specimen*	1	2	3
Altezza iniziale - *Initial height*	76.00	76.00	76.00
Altezza dopo consolidazione *Height after consolidation*	75.89	75.82	75.92
Area provino - *Specimen area*	11.50	11.50	11.50
Area dopo consolidazione *Area after consolidation*	11.47	11.44	11.48
Grado di saturazione (%) - *Saturation degree*	99.84	99.91	99.89
Umidità finale (%) - *Final water content*	30.10	31.45	32.01
B di Skempton	0.95	0.91	0.93
σ3 (kPa)	250	350	450
Back pressure (kPa)	50	50	50
Velocità di taglio (mm/min) - *Shear rate*	0.0060	0.0060	0.0060

Note - *Remarks*

grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 004
Verbale - *Acceptance report*	3295

Studio della consolidazione - *Consolidation test*

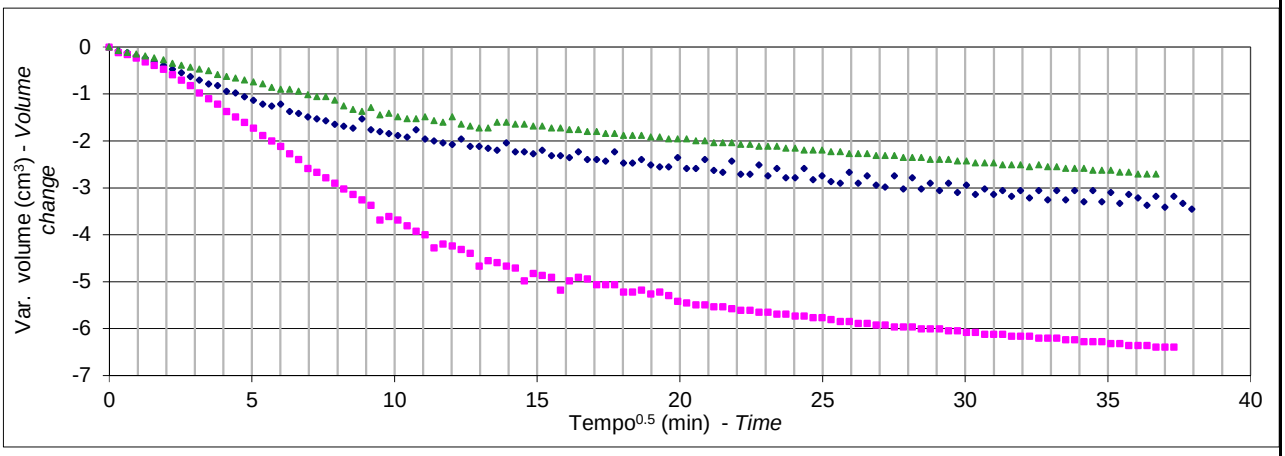
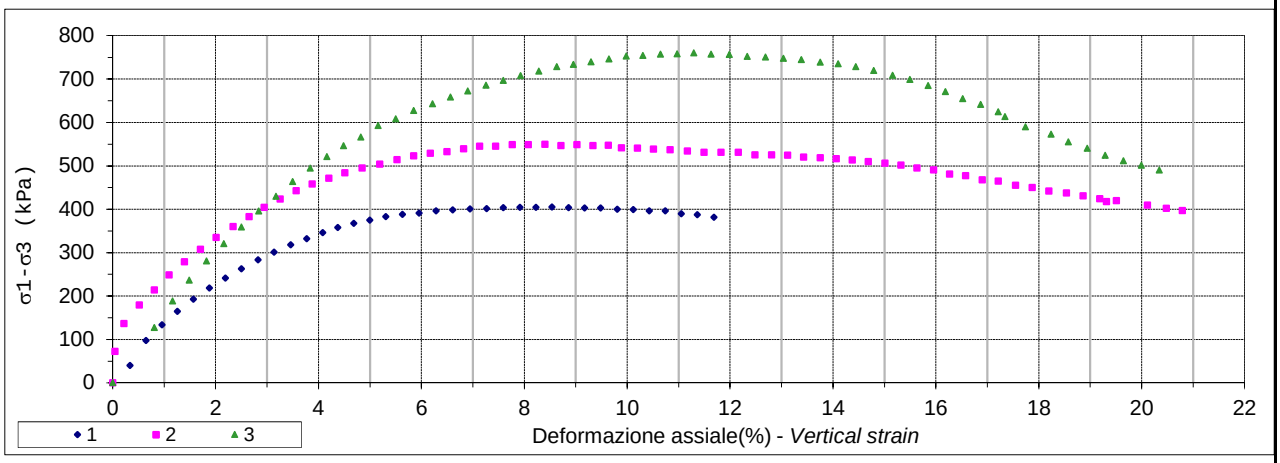
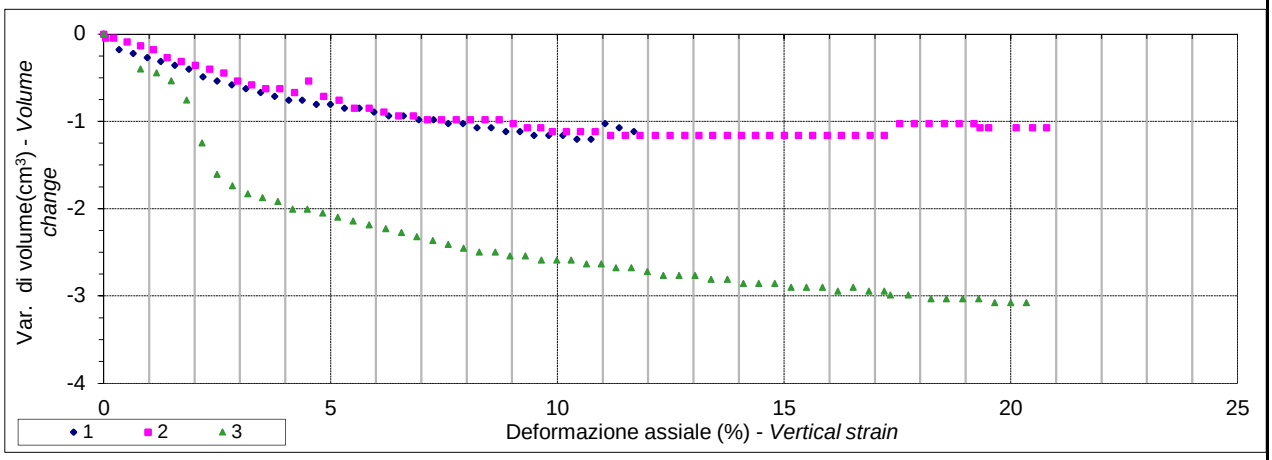


Grafico sforzi / deformazioni - *Stress / strain graph*



Variazione di Volume/deformazioni - *Volume change/vertical strain*



Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

TRIASSIALE CONSOLIDATO DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED DRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - *Test report* 3295- 25.2025- 004

Verbale - *Acceptance report* 3295

Provino 1 - *Specimen 1*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.34	40.04	0.18
0.65	97.70	0.22
0.96	133.96	0.27
1.26	164.48	0.31
1.57	192.59	0.36
1.88	218.33	0.40
2.19	241.71	0.49
2.50	262.75	0.54
2.82	283.62	0.58
3.13	301.13	0.63
3.46	318.48	0.67
3.77	332.52	0.71
4.08	346.47	0.76
4.38	358.23	0.76
4.69	367.73	0.80
5.00	375.03	0.80
5.31	383.34	0.85
5.63	388.36	0.85
5.96	391.23	0.89
6.28	396.17	0.94
6.61	398.98	0.94
6.94	400.66	0.98
7.27	401.34	0.98
7.59	404.07	1.03
7.92	404.71	1.03
8.23	404.37	1.07
8.54	405.05	1.07
8.86	403.61	1.12
9.17	403.25	1.12
9.48	402.89	1.16
9.81	400.43	1.16
10.12	399.05	1.16
10.43	396.67	1.21
10.74	396.29	1.21
11.05	389.94	1.03
11.36	387.59	1.07
11.69	381.88	1.12

Provino 2 - *Specimen 2*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.04	72.70	0.04
0.22	137.03	0.04
0.51	179.86	0.09
0.81	214.27	0.13
1.09	248.50	0.18
1.39	279.03	0.27
1.70	308.17	0.31
2.01	334.81	0.36
2.34	360.09	0.40
2.65	382.95	0.45
2.94	404.58	0.54
3.26	423.73	0.58
3.57	442.76	0.63
3.88	458.26	0.63
4.20	471.34	0.67
4.51	484.39	0.54
4.85	494.97	0.71
5.19	504.35	0.76
5.53	514.76	0.85
5.85	522.94	0.85
6.17	528.85	0.89
6.50	532.52	0.94
6.82	539.42	0.94
7.13	545.26	0.98
7.44	545.61	0.98
7.77	549.11	0.98
8.08	549.42	0.98
8.40	549.64	0.98
8.71	546.70	0.98
9.02	549.12	1.03
9.33	547.24	1.07
9.63	547.57	1.07
9.89	541.78	1.12
10.20	540.97	1.12
10.51	539.10	1.12
10.83	537.14	1.12
11.17	534.06	1.16
11.50	531.08	1.16
11.82	531.20	1.16
12.16	531.23	1.16
12.48	525.16	1.16
12.81	525.26	1.16
13.12	524.41	1.16
13.43	520.50	1.16
13.75	518.56	1.16
14.06	516.69	1.16
14.37	513.81	1.16
14.68	509.94	1.16
15.01	506.01	1.16
15.32	502.17	1.16
15.63	494.92	1.16
15.95	491.04	1.16
16.26	481.37	1.16
16.58	477.63	1.16
16.90	467.97	1.16
17.21	465.25	1.16
17.55	455.61	1.03
17.87	449.97	1.03
18.20	442.43	1.03
18.53	437.73	1.03
18.86	431.24	1.03
19.18	424.77	1.03
19.51	420.23	1.07
19.32	417.44	1.07
20.11	409.56	1.07
20.48	402.09	1.07
20.79	396.81	1.07

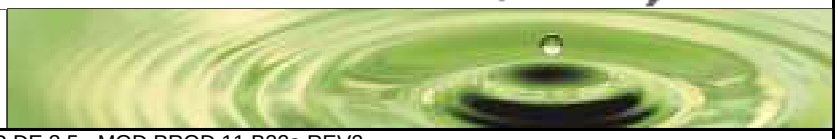
Provino 3 - *Specimen 3*

def (%)	σ1-σ3 (kPa)	dV (cm^3)
0.81	127.13	0.40
1.16	188.02	0.45
1.49	236.58	0.54
1.82	280.80	0.76
2.16	320.76	1.25
2.50	359.12	1.61
2.84	395.89	1.74
3.17	429.79	1.83
3.50	463.50	1.88
3.84	494.32	1.92
4.16	521.10	2.01
4.49	546.39	2.01
4.82	566.30	2.05
5.16	592.43	2.10
5.50	608.18	2.14
5.85	627.50	2.19
6.21	642.79	2.23
6.57	658.03	2.28
6.90	671.98	2.32
7.25	685.72	2.37
7.59	696.93	2.41
7.93	708.05	2.46
8.28	717.72	2.50
8.63	728.53	2.50
8.96	733.32	2.54
9.29	739.16	2.54
9.65	746.06	2.59
9.98	752.98	2.59
10.31	753.90	2.59
10.65	757.09	2.63
10.97	757.94	2.63
11.29	759.97	2.68
11.63	757.08	2.68
11.98	756.45	2.72
12.33	752.25	2.77
12.69	750.41	2.77
13.04	747.39	2.77
13.39	744.38	2.81
13.75	738.92	2.81
14.10	734.75	2.86
14.44	728.39	2.86
14.79	719.66	2.86
15.16	708.56	2.90
15.49	698.90	2.90
15.85	684.63	2.90
16.18	670.59	2.95
16.52	654.37	2.90
16.87	641.52	2.95
17.21	624.39	2.95
17.34	613.34	2.99
17.74	589.32	2.99
18.24	572.52	3.04
18.58	554.77	3.04
18.94	540.26	3.04
19.29	523.76	3.04
19.64	511.73	3.08
19.99	500.86	3.08
20.34	490.06	3.08

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLES SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

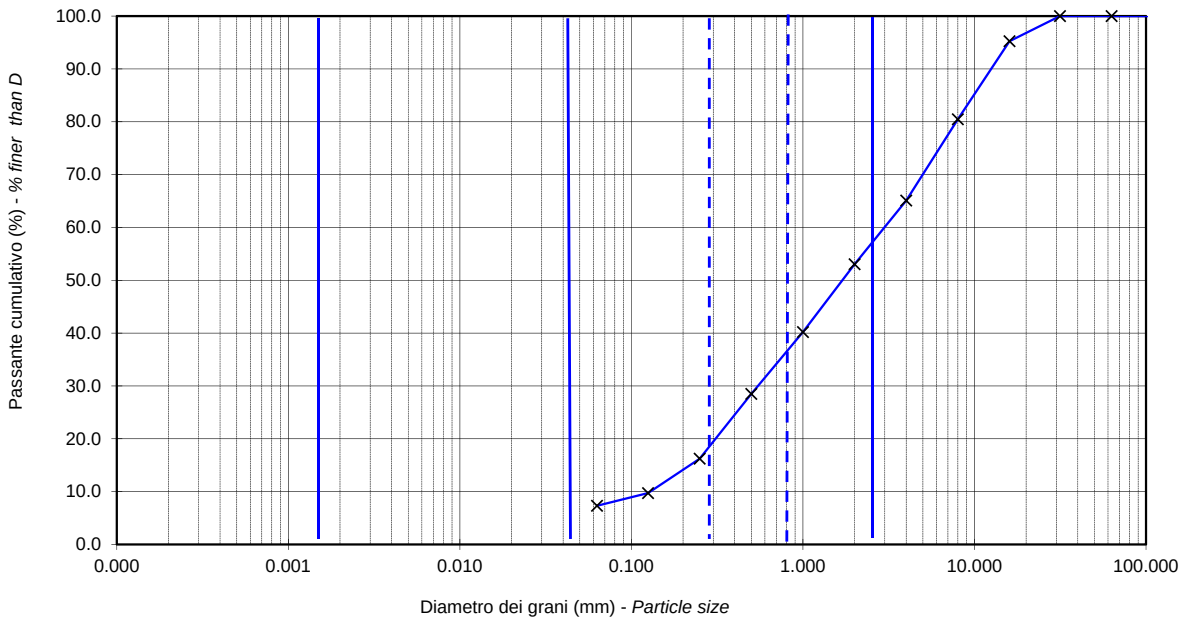
Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 005
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO
Sondaggio - *Borehole*	BH3
Campione - *Sample*	CR1
Profondità - *Depth*	17.50- 17.90m
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa Campione (g) - *Specimen weight* 2748.70

Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Weight*	Passante (%) *% finer than D*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	130.67	95.25
8	406.00	80.48
4	423.00	65.09
2	331.20	53.04
1	352.99	40.20
0.5	321.80	28.49
0.25	336.90	16.23
0.125	179.00	9.72
0.063	66.00	7.32

Curva granulometrica - *Particle size distribution (PSD)*



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 006
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO
Sondaggio - *Borehole*	**BH3**
Campione - *Sample*	**CR2**
Profondità - *Depth*	**21.55- 21.70m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 706.30

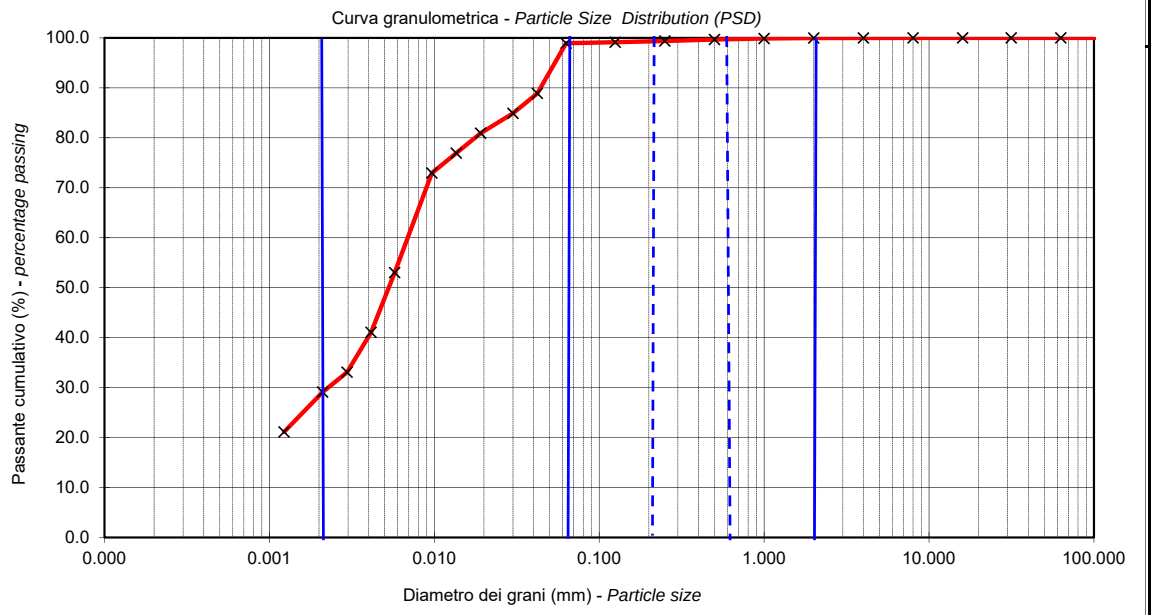
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	0.00	100.00
8	0.00	100.00
4	0.10	99.99
2	0.10	99.97
1	0.70	99.87
0.5	1.41	99.67
0.25	2.07	99.38
0.125	1.74	99.13
0.063	1.41	98.93

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.36

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.042	26.0	88.89
0.030	25.0	84.91
0.019	24.0	80.92
0.014	23.0	76.94
0.010	22.0	72.95
0.006	17.0	53.02
0.004	14.0	41.06
0.0030	12.0	33.09
0.0021	11.0	29.10
0.0012	9.0	21.13

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.03**	**Sabbia (%)** *Sand*	**2.48**	**Limo (%)** *Silt*	**69.33**	**Argilla (%)** *Clay*	**28.16**



D_{10} (mm) -

D_{60} (mm) 0.007

Agente disperdente - *dispersing agent* : Sodium hexametaphosphate

temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 007
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO
Sondaggio - *Borehole*	**BH3**
Campione - *Sample*	**CR3**
Profondità - *Depth*	**24.50- 24.80m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 1011.60

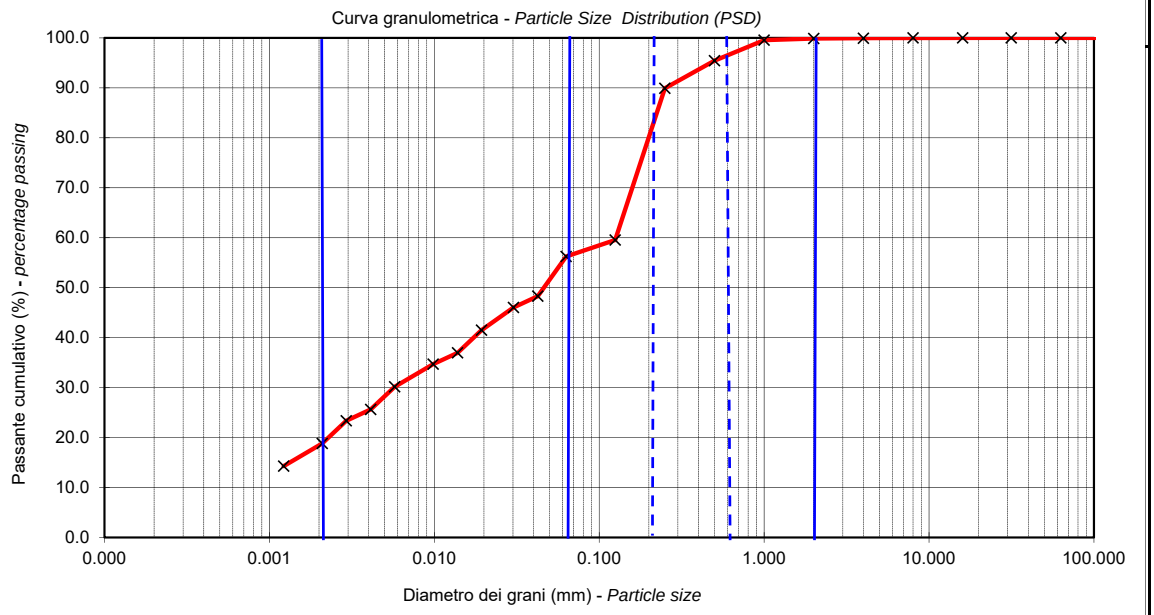
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
125	0.00	100.00
63	0.00	100.00
31.5	0.00	100.00
16	0.00	100.00
8	0.00	100.00
4	0.70	99.93
2	0.55	99.88
1	3.26	99.55
0.5	41.61	95.44
0.25	55.95	89.91
0.125	307.20	59.54
0.063	33.40	56.24

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.33

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.042	25.0	48.30
0.030	24.0	46.04
0.019	22.0	41.50
0.014	20.0	36.96
0.010	19.0	34.70
0.006	17.0	30.16
0.004	15.0	25.63
0.0029	14.0	23.36
0.0021	12.0	18.82
0.0012	10.0	14.29

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.12**	**Sabbia (%)** *Sand*	**44.79**	**Limo (%)** *Silt*	**36.74**	**Argilla (%)** *Clay*	**18.35**



D_{10} (mm) -

D_{60} (mm) 0.127

Agente disperdente - *dispersing agent* : Sodium hexametaphosphate

temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Michela Pozzuto

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

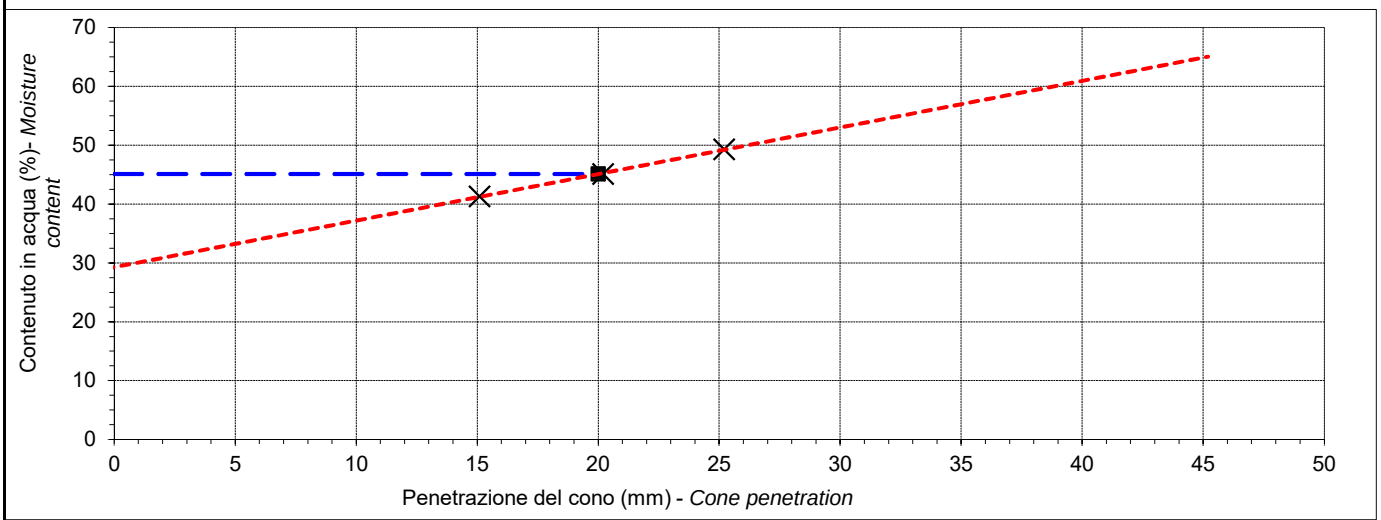
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - *Test report*	3295- 25.2025- 008
Verbale - *Acceptance report*	3295
Committente - *Commissioner*	ARUP ITALIA S.R.L.
Località - *Locality*	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
Cantiere - *Site*	PROGETTO
Sondaggio - *Borehole*	**BH3**
Campione - *Sample*	**CR3**
Profondità - *Depth*	**24.50- 24.80m**
Data ricevimento - *Receiving date*	21/01/2025
Data inizio prove - *Test starting date*	21/01/2025
Data fine prove - *Test ending date*	12/02/2025
Data certificazione - *Report date*	12/02/2025
Data apertura campione - *Sample opening date*	21/01/2025
Classe campione - *Sample quality*	Q4

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Penetrazione del cono (mm) - *Cone penetration*	15	20	25
Massa tara (g) - *Tara weight*	71.26	70.02	70.12
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	85.39	86.14	85.99
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	81.26	81.13	80.75
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	41.30	45.09	49.29
Limite liquido (%) - *Liquid limit*		**45.1**	

Massa tara (g) - *Tara weight*	70.01	70.33	
Moist specimen + tara	75.18	76.25	
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	74.27	75.21	
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	21.36	21.38	differenza percentuale 0.09
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**21.37**		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*
Dott. Geol. Enrico Cumoli

Sperimentatore *Technician*
Dr.ssa Geol. Sara Venturini

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

ALLEGATO 4

PROVE CHIMICHE DI LABORATORIO

Committente: **Arup Italia S.r.l.**
Corso Italia, 1
20122 Milano (MI)

RAPPORTO DI PROVA N° 02050/43/90 del 17/02/2025	**Pagina 1 di 2**
Verbale di accettazione n° 701/AA del 31/01/2025	**Vs. rif. -**

SETTORE	**AMBIENTE - ACQUE**
DATI FORNITI DAL COMMITTENTE	
DIRETTORE DEI LAVORI :	-
PROPRIETA' O ENTE APPALTANTE:	-
CANTIERE :	Zibido San Giacomo - Progetto MXP 109
METODO DI CAMPIONAMENTO:	A cura e responsabilità del cliente
VERBALE DI CAMPIONAMENTO:	-
MODALITA' DI PRELIEVO:	A cura e responsabilità del cliente
DATA DI CAMPIONAMENTO :	-
UBICAZIONE PRELIEVO :	Zibido San Giacomo - Progetto MXP 109
PUNTO DI CAMPIONAMENTO:	CA1 (6.0 m)
TEMPERATURA AL CAMPIONAMENTO:	-
CONTRASSEGNO CAMPIONE:	**CA1 (6.0 m)**
DATI ACQUISITI DAL LABORATORIO	
DATA DI RICEZIONE CAMPIONE :	31/01/2025
NATURA DEL CAMPIONE:	Acqua
NUMERO DI PROTOCOLLO CAMPIONE :	701_1
TEMPERATURA ALL' ARRIVO DEL CAMPIONE :	6,0°C
LIMITI	
NORMATIVA DI RIFERIMENTO :	**Vd. Tabelle**

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto.

IL RESPONSABILE DEL SETTORE AMBIENTE	*Dottssa Irene ABERNA*
LO SPERIMENTATORE	*P.I. Edoardo PIROZZI*

È vietata la riproduzione parziale di questo documento senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte

RAPPORTO DI PROVA N° 02050/49/00 del 17/02/2025											
Verbale di accettazione n°		702/A4		del		31/01/2025					
Parametro	U.M	Risultato	Incertezza di misura [1]	Classe di qualità XA1 (debole)	XA2 (moderato)	XA3 (forte)	LoQ [3]	Metodo d'analisi	Data inizio analisi	Data fine analisi	Note
pH	U.pH	6,74	± 0,05	> 4,5 e ≥ 5,5	< 5,5 e ≥ 4,5	< 4,5 e ≥ 4,0	-	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	31/01/2025	31/01/2025	a
CO_2 aggressiva	mg/l	12,9		-	-	-	2	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	31/01/2025	31/01/2025	NA
Magnesio (Mg^{++})	mg/l	35,5	± 2,4	300 - 1000	1000 - 3000	>3000	1	UNI EN ISO 11885:2009	31/01/2025	31/01/2025	
Ammonio (NH_4^+)	mg/l	< 0,05	± 0,004	15 - 30	30 - 60	> 60 e ≤ 100	0,015	UNI 11669:2017	31/01/2025	31/01/2025	
Solfati (SO_4^{--})	mg/l	35,4	± 1,2	200 - 600	600 - 3000	>3000 e ≤ 6000	0,1	UNI EN ISO 10304-1:2009	13/02/2025	13/02/2025	
Solfuri (come H2S)	mg/l	< 0,1	-	-	-	-	0,1	UNI EN ISO 10304-1:2009	13/02/2025	13/02/2025	NA

1 I valori limite previsti e differenziati sono quelli riportati nella UNI 8981-2 prospetto I

2 Incertezza estesa espressa con gradi di libertà=9 fattore di copertura k = 2, livello di fiducia 95%

3 LoQ: Limite di quantificazione

4 Valore di pH determinato alla temperatura di 6,8 °C

Il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LoQ (limite inferiore di quantificazione).

NA Prova non accreditata

Fine Rapporto di Prova

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte

Committente: Arup Italia S.r.l
Corso Italia, 1
20122 Milano (MI)

RAPPORTO DI PROVA N° 02051/43/90 del 17/02/2025	Pagina 1 di 2
Verbale di accettazione n° 701/AA del 31/01/2025	Vs. rif. -

SETTORE	AMBIENTE - ACQUE
DATI FORNITI DAL COMMITTENTE	
DIRETTORE DEI LAVORI :	-
PROPRIETA' O ENTE APPALTANTE:	-
CANTIERE :	Zibido San Giacomo - Progetto MXP 109
METODO DI CAMPIONAMENTO:	A cura e responsabilità del cliente
VERBALE DI CAMPIONAMENTO:	-
MODALITA' DI PRELIEVO:	A cura e responsabilità del cliente
DATA DI CAMPIONAMENTO :	-
UBICAZIONE PRELIEVO :	Zibido San Giacomo - Progetto MXP 109
PUNTO DI CAMPIONAMENTO:	CA2 (25.0 m)
TEMPERATURA AL CAMPIONAMENTO:	-
CON TRASCRIZIONE CAMPIONE :	CA2 (25.0 m)
DATI ACQUISITI DAL LABORATORIO	
DATA DI RICEZIONE CAMPIONE :	31/01/2025
NATURA DEL CAMPIONE:	Acqua
NUMERO DI PROTOCOLLO CAMPIONE:	701/2
TEMPERATURA ALL' ARRIVO DEL CAMPIONE:	6,0°C
LIMITI	
NORMATIVA DI RIFERIMENTO:	Vd. Tabella

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto

IL RESPONSABILE DEL SETTORE AMBIENTE	*Dott.ssa Irene SBERNA*
LO SPERIMENTATORE	*P.I. Edoardo PINOZZI*

RAPPORTO DI PROVA N° 0205143190 del 17/02/2025											Pagina 2 di 2
Verbale di accettazione n°			501/AA			del		31/01/2025			
Parametro	U.M.	Risultati	Incertezza assoluta [1]	Grado di aggressività XA1 (debole)[2]	XA2 (moderata)[2]	XA3 (forte)[2]	LoQ [3]	Metodo d'analisi	Data inizio analisi	Data fine analisi	Note
pH	unità pH	6.79	± 0.05	≤ 6.5 e ≥ 5.5	< 5.5 e ≥ 4.5	< 4.5 e ≥ 4.0	-	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	31-01-2025	31-01-2025	4
CO_2 aggressiva	mg/l	14.9	-	-	-	-	2	APAT CNR IRSA 4030 Man 29 2003	31-01-2025	31-01-2025	NA
Magnesio (Mg^{++})	mg/l	19.2	± 3.1	300 - 1000	1000 - 3000	>3000	1	UNI EN ISO 11885:2009	31-01-2025	31-01-2025	
Ammonio (NH_4^+)	mg/l	< 0.015	-	15 - 30	30 - 60	> 60 e ≤ 100	0.015	UNI 11669:2017	31-01-2025	31-01-2025	
Solfati (SO_4^{--})	mg/l	65.5	± 2.9	200 - 600	600 - 3000	>3000 e ≤ 6000	0.1	UNI EN ISO 10304-1:2009	13-02-2025	13-02-2025	
Solfuri (come H_2S)	mg/l	< 0.1	-	-	-	-	0.1	UNI EN ISO 10304-1:2009	13-02-2025	13-02-2025	NA

1 I valori limite previsti a riferimento sono quelli riportati nella UNI 8981-2 prospetto 1

2 Incertezza estesa espressa con grado di libertà ∞ fattore di copertura k = 2, livello di fiducia 95%

3 LoQ: limite di quantificazione

4 Valore di pH determinato alla temperatura di 6.0 °C

Il risultato precedito dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LoQ (limite inferiore di quantificazione).

NA Prova non accreditata

Fine Rapporto di Prova

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte

ALLEGATO 5

INDAGINE GEORADAR ED ELETTROMEGNETICA

AWS ARUP ITALIA

ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

INDAGINI GEOFISICHE PER LA RICERCA DI SOTTOSERVIZI E STRUTTURE ANOMALE INTERRATE

P. 1858

Redatto	visto:
Alberto pagano	Massimo Luca Schinelli
	Data: 7 febbraio 2025

Alberto Pagano, PhD

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttivi
Via Bernina, 16 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

Indice

1. PREMESSA 3
2. METODOLOGIA DI INDAGINE 3
3. RILIEVO STRUMENTALE – SCHEMA D'INDAGINE 4
4. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA 6

APPENDICE 1. METODI GEOFISICI TECH. NOTE NO. 04 – ALBERTO PAGANO, PHD.
METODO ELETTROMAGNETICO GEORADAR [GPR] - Metodi geofisici TECH. NOTE 04

APPENDICE 2. METODI GEOFISICI TECH. NOTE 03 – ALBERTO PAGANO, PHD
METODO ELETTROMAGNETICO AD INDUZIONE EM, FEM

TAVOLA 1. UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE
TAVOLA 2. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA. CARTA DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA DEL TERRENO
TAVOLA 3. INDAGINI GEOFISICA GEORADAR [GPR]. SEZIONI RADARGRAFICHE
TAVOLA 4. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE
TAVOLA 5. FOTOGRAFIE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

1. PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati emersi dalle indagini geologiche geofisiche realizzate a supporto delle attività di studio geognostico per l'area:

ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

L'indagine è stata svolta nell'ottica della caratterizzazione geofisica, a supporto delle indagini geognostiche.

L'intervento in oggetto riguarda i seguenti temi:

- RICERCA DI SOTTOSERVIZI E ZONE ANOMALE CON STRUTTURE INTERRATE.

Lo studio attuato è stato articolato nelle seguenti fasi:

a) sopralluogo con rilievi di dati diretti, realizzazione di rilievi in sito specifici attraverso la realizzazione di misure geofisiche con metodologie elettromagnetiche diversificate e complementari;
b) interpretazione dei dati e relazione tecnico descrittiva.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE

La prospezione geofisica costituisce una disciplina d'esplorazione del sottosuolo di tipo *indiretto* (*PnD, Prove non Distruttive*). Le anomalie riscontrate, ricondotte ad una variazione repentina nel terreno delle proprietà fisiche elettromagnetiche, possono essere compatibili, attraverso un'opportuna interpretazione, con la presenza di strutture sepolte.

Risulta infatti specifico compito della geofisica, con i suoi vari metodi d'applicazione, individuare ed indicare tutte le località possibili in cui si trovi qualcosa che possa essere valutato inerente l'obiettivo dell'indagine.

Per questo tipo di anomalie, indicate come "possibili", almeno là dove non ne esista e quindi ne venga dichiarata la presenza certa, rimane risolutiva l'indagine diretta; resta comunque

compito precipuo della geofisica indicarne la localizzazione, la distribuzione e le priorità delle eventuali successive verifiche dirette.

Per la ricerca di strutture interrate complesse il concetto descritto risulta tanto più rispondente quanto maggiore appare la diversità dell'oggetto di ricerca; quando non è possibile precisare l'intorno significativo e le strutture non pertinenti (cavità, cavidotti, cavi singoli, tubazioni, tracce di attività disparate, materiali, etc.) né tantomeno la natura, lo stato fisico degli oggetti estranei al terreno naturale ed il loro intorno, ai materiali di riporto e rimaneggiati. La ricerca avviene attraverso la delimitazione interpretativa di aree geofisicamente "omogenee" o, per contro, "discontinue".

La correlazione tra anomalie geofisiche e tipologie dei materiali e delle strutture è semiquantitativa, basata sulla dinamica strumentale propria, sull'esperienza e da dati di letteratura.

DATA DI REALIZZAZIONE DELLE INDAGINI

I rilievi geofisici sono stati realizzati nel periodo gennaio 2025

La superficie dell'area è pari a 46.000 m^2 circa.

Tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni ambientali idonee alla corretta caratterizzazione geofisica. In particolare il tempo leggermente piovoso non ha influito negativamente sulle modalità operative né sui risultati delle indagini.

3. RILIEVO STRUMENTALE – SCHEMA D'INDAGINE

Lo scopo della ricerca è consistito nell'individuazione di strutture di dimensioni macroscopiche, poste nel sottosuolo e rilevabili per quanto possibile dalla attuale tecnologia messa a disposizione. L'obiettivo dell'indagine, in particolare, è consistito nell'individuazione di strutture, di sottoservizi interrati e di eventuali serbatoi interrati. Per la presente ricerca, è stato ritenuto efficace l'impiego del metodo georadar *Ground Probing Radar* [GPR], (APPENDICE 1. METODI GEOFISICI).

[GPR Ground Probing Radar]	System specifications *GEOPHYSICAL SURVEY SYSTEMS* Inc., U.S.A. – SIR System High Power Antenna: GSSI Inc. U.S.A. Data Collection Mode: *continuous* measuring

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata [GPR].

L'area si trova generalmente impostata su terreni di riporto e naturali con ghiaia prevalente.

SCHEMA D'INDAGINE

L'indagine geofisica nelle località definite, è stata strutturata in modo sistematico effettuando le misure secondo la seguente modalità.

1) Acquisizione dei dati di campagna attraverso la realizzazione di profili di misura strumentale, sulla base delle condizioni di disponibilità di ciascuna area. Ciò al fine di esplorare l'area attraverso uno studio sistematico, realizzato secondo tratte significative longitudinali e trasversali a copertura delle zone di indagine, poste anche in ragione della disponibilità dei luoghi e dei limiti di interferenza strumentale con strutture limitrofe. Durante la fase di acquisizione dei dati è stata impostata la profondità ottimale possibile d'esplorazione (3-4 m circa); al fine di garantire il raggiungimento dello scopo del lavoro e di fornire un'adeguata risoluzione delle discontinuità rilevate.
2) Interpretazione dei dati in fase esecutiva, finalizzata a mirare l'ubicazione di località corrispondenti alla presenza di strutture interrate, attraverso la definizione di aree del terreno "geofisicamente" omogenee o differenziate.
3) Verifica strumentale indiretta circa l'eventuale presenza di sottoservizi con corrente elettrica di rete in tensione.
4) Sintesi dei risultati interpretativi in sede esecutiva delle indagini. Evidenza dei punti di interesse e delle località idonee alla perforazione.

L'indagine geofisica ha evidenziato la presenza di anomalie nella normale dispersione degli impulsi elettromagnetici irradiati nel terreno. Le anomalie sono compatibili con la presenza di strutture interrate nel sottosuolo quali sottoservizi interrati.

4. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA

E' stata effettuata la ricerca di sottoservizi interrati e di zone anomale del terreno eventualmente compatibili con accumuli interrati o zone del terreno alterate presso l'area

ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

I risultati dell'indagine individuano la presenza soltanto di sottoservizi interrati, consistenti generalmente in cavidotti superficiali, ubicati alla profondità di circa 0,5-1,0 m.
Si evidenzia la presenza di un sottoservizio attivo, compatibile con la tubazione dell'acquedotto pubblico o metanodotto, in fregio alla SP139.
Tutte le superfici dell'area risultano caratterizzate da terreni naturali o con riporti di inerti in superficie.

Le Tavole allegate illustrano i risultati ottenuti.

TAVOLA 1. UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE
TAVOLA 2. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOFISICA. CARTA DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA DEL TERRENO
TAVOLA 3. INDAGINI GEOFISICA GEORADAR [GPR]. SEZIONI RADARGRAFICHE
TAVOLA 4. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE
TAVOLA 5. FOTOGRAFIE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

Dott. Alberto Pagano

APPENDICE 1. METODI GEOFISICI TECH. NOTE 04 – ALBERTO PAGANO, PHD.

1. METODO ELETTROMAGNETICO GEORADAR [GPR][1]

Il metodo georadar [GPR *Ground Probing Radar*] impiega un dispositivo denominato *klinstron-reflex* per generare onde elettromagnetiche (v. Fig. E1. *Spettro delle onde elelettromagnetiche*). Le onde vengono irradiate nel terreno e contemporaneamente ricevute, al fine di determinarne alcune caratteristiche di interesse connesse alla presenza di discontinuità fisiche all'interno del mezzo di propagazione.

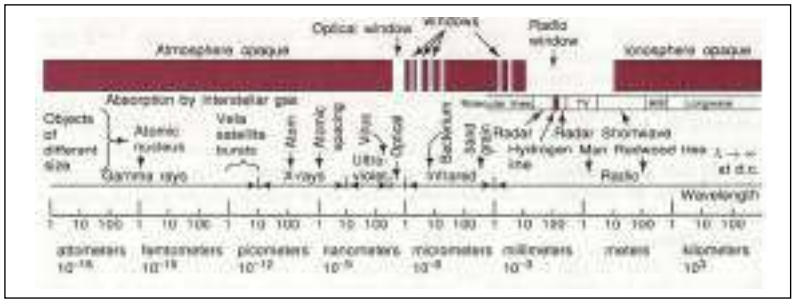


Fig. E1. *Spettro delle onde elelettromagnetiche* (da KRAUS, *Electromagnetics*, 1992; modificata).
[lunghezza d'onda $\lambda = c \cdot f^{-1}$, in cui: $c = 3\ 10^8$ m s^{-1}, f: frequenza (Hz)].

La strumentazione invia, attraverso l'antenna, un impulso multifrequenza nel mezzo d'indagine.
Eventuali discontinuità fisiche interferiscono con i campi dello spettro primario generando fenomeni di diffrazione. Le onde elettromagnetiche secondarie, distorte sia in *frequenza* che in *fase*, vengono ricevute dallo stesso apparato (v. Fig. E2. *Rappresentazione schematica del metodo GPR*).
Per un mezzo a conduttività finita, nelle condizioni di frequenza impiegate, la *costante di propagazione K* risulta un numero complesso (parte *reale* + parte *immaginaria*). Essa vale:

$$k = \alpha + i\beta$$

trovandosi nella relazione fondamentale di propagazione di un'onda, per il vett
ore campo elettrico E,

$$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(k\zeta - \omega t)}$$

la *costante di propagazione k* risulta quindi caratterizzata dalle seguenti variabili proprie di ciascun mezzo di

$$\alpha = \omega\left[\frac{\mu\varepsilon}{2}\left(\sqrt{1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}}+1\right)\right]^{1/2} \qquad \beta = \omega\left[\frac{\mu\varepsilon}{2}\left(\sqrt{1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}}-1\right)\right]^{1/2}$$

$\omega = 2\pi \cdot f$ (Hz), frequenza angolare
μ = permeabilità magnetica (H m -1)
σ = conducibilità elettrica (S m -1)
ε = permeabilità elettrica (F m -1)

propagazione.

[1] Tech. Note No. 04 – Alberto Pagano, PhD.
http://www.cittametropolitana.mi.it/export/export_14032014/p_bonifiche_lineeguida03_prospezione_geofisica.pdf
Ex_HTTP://WWW.PROVINCIA.MILANO.IT/EXPORT/SITES/DEFAULT/AMBIENTE/DOC/P_BONIFICHE_LINEEGUIDA03_PROSPEZIONE_GEOFISICA.PDF

Il risultato dell'elaborazione strumentale è una serie di *spikes*, la cui intensità dipende da quella del contrasto di permeabilità elettrica e conduttività tra gli orizzonti attraversati; l'ubicazione dei quali dipende dalla velocità di propagazione delle onde nei materiali.

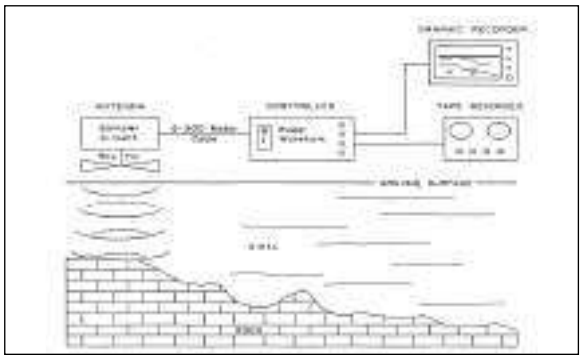


Fig. E2. *Rappresentazione schematica del metodo Ground Penetrating Radar GPR.*
(da BENSON, GLACCUM & NOEL, *Project Report to U.S. E.P.A.*, 1982; modificata).

Conoscendo le principali grandezze fisiche elettromagnetiche dei terreni attraversati è possibile trasformare la sezione distanze-tempi in una sezione distanze-profondità. La profondità massima di esplorazione risulta funzione della frequenza dominante del segnale emesso e della resistività elettrica del terreno oltreché dalla potenza dissipata.

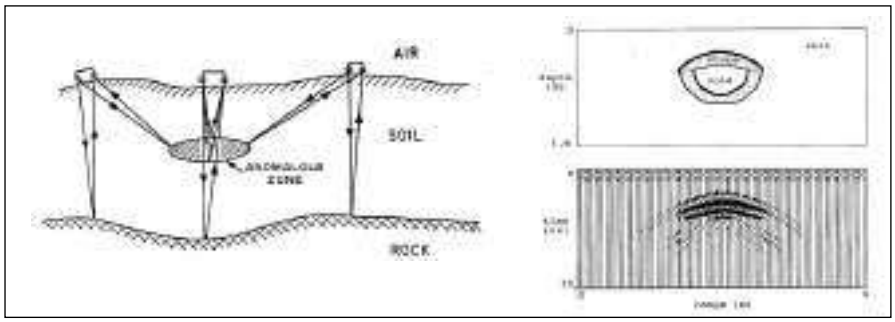


Fig. E3. *Rappresentazione schematica dei vettori d'onda in relazione ad un bersaglio nel terreno ed alla stratificazione, a sinistra.*
(da DAVIS J.L. & ANNAN A.P., *Geophysical Prospecting, 1989*).
Simulazione GPR generata da una sepoltura tipo, a destra. (da GOODMAN D., *Geophysics*, 1994)

L'unità di controllo e il *display* sono collegati mediante un cavo al trasduttore; i dati vengono acquisiti a 16 bits, visualizzati direttamente sullo schermo LCD a matrice attiva sotto forma di *radargrammi* a colori e registrati su *hard disk* interno, per poi essere trasferiti al computer di elaborazione.
Il successivo *processing* dei dati viene realizzato con *software* specifici. L'elaborazione consente di applicare ai segnali registrati, oltre a semplici funzioni di *filtraggio*, processi di *migrazione*, *deconvoluzione*, *correzione statica* e *normalizzazione topografica*.

APPENDICE 2. METODI GEOFISICI TECH. NOTE 03 – ALBERTO PAGANO, PHD

METODO ELETTROMAGNETICO AD INDUZIONE EM, FEM •

Il metodo elettromagnetico ad induzione EM impiega onde elettromagnetiche in radio frequenza che vengono trasmesse nel terreno.

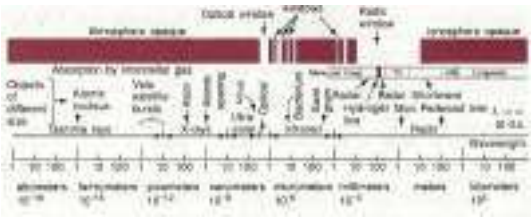


FIG. D1. Spettro delle *onde elelettromagnetiche*. [*lunghezza d'onda* $\lambda = c \cdot f^{-1}$, in cui: $c = 3\ 10^8$ m s^{-1}, f: *frequenza* (Hz)]. (da KRAUS, 1992; modificata)

Il metodo utilizzato si configura nella prospezione geofisica del terreno tra i metodi di carattere applicativo *sensu latu*.

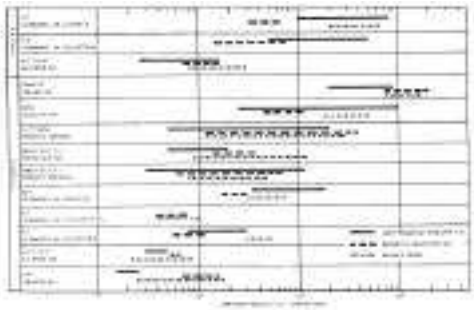


FIG. D2. Intervalli tipici di variabilità della *resistività* di rocce e di suoli ottenuti con metodi diversi (a sinistra). (da Sellman *et al*. 1976). (da WARD & FRASER, 1967)

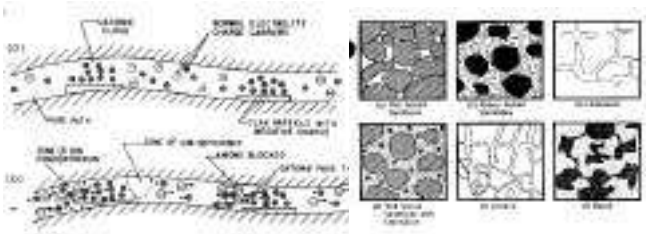


FIG. D3. *Polarizzazione elettrica* in una roccia contenente minerali argillosi. (a) Prima, (b) dopo l'applicazione di un campo elettrico (a sinistra); *tessiture* diversificate delle rocce (a destra). (da WARD & FRASER, 1967)

FIG. D4. Principali processi geologici che influenzano la *resistività* delle rocce con misura con metodi elettromagnetici (da Ward, 1990).

I principali vantaggi offerti dal metodo sono:

• Tech. Note No. 03 – Alberto Pagano, PhD.
http://www.cittametropolitana.mi.it/export/export_14032014/p_bonifiche_lineeguida03_prospezione_geofisica.pdf

Il metodo adottato consiste nell'invio, attraverso un'antenna a dipolo, di un segnale elettromagnetico, in frequenza VLF (*Very Low Frequency*) verso il mezzo d'indagine. I segnali in uscita e in ingresso vengono elaborati nelle loro componenti fondamentali, con restituzione della *resistività* elettrica apparente del mezzo alla propagazione.

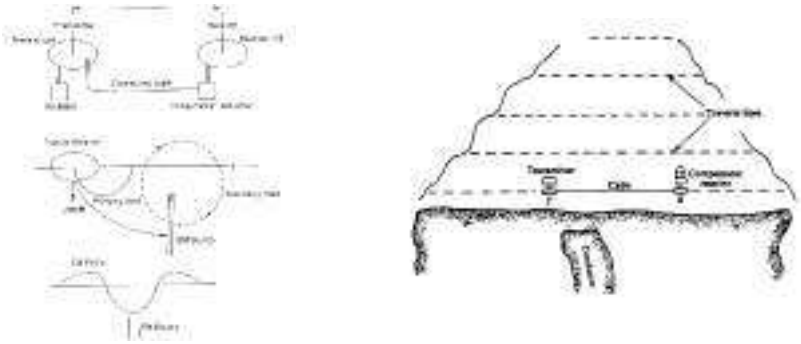


FIG. D5. Principio di funzionamento dei metodi elettromagnetici (a sinistra). (da D. VOGELSANG, 1991). Modalità di realizzazione di un rilievo elettromagnetico tipo (a destra). (da W.M. TELFORD *et al*., 1976)

Eventuali discontinuità fisiche interferiscono con i campi dello spettro primario, generando fenomeni di *dispersione* e di *diffrazione*.
Le onde elettromagnetiche secondarie, distorte sia in *frequenza* che in *fase*, vengono ricevute dallo stesso apparato strumentale.
Come illustra la Fig. D7, i campi **E** elettrico ed **H** magnetico delle onde elettromagnetiche, per certe caratteristiche di configurazione di emissione, sono descritti, in un determinato istante *t*, da onde polarizzate verticalmente.

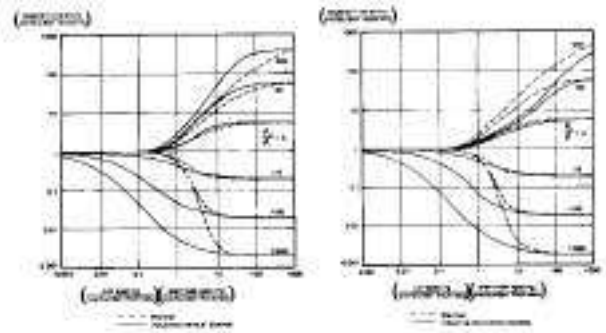


FIG. D6. Confronto tra curve di *resistività* a *due strati* ottenute con dispositivo D.C. Wenner, a sinistra, e ad induzione elettromagnetica, a destra. (da J.D. MCNEILL, 1980)

E' noto che, in prossimità del suolo, il campo **E** è inclinato, rispetto alla verticale, verso la direzione X di propagazione dell'onda. Questo avviene per gli effetti della propagazione di onde elettromagnetiche in prossimità della superficie di separazione tra un *dielettrico* ed un *conduttore*, ovvero sulla superficie terrestre (ZENNECK, 1908; BURROWS, 1936). L'angolo di inclinazione, come sarà descritto, dipende dalle caratteristiche elettriche del suolo.
Al suolo, la componente orizzontale del campo elettrico, a causa della conducibilità elettrica propria del mezzo che è molto maggiore di quella dell'aria, dà luogo ad una corrente di conduzione. Essa è diretta lungo la direzione di propagazione dell'onda ed è sfasata rispetto al campo elettrico dell'onda incidente.

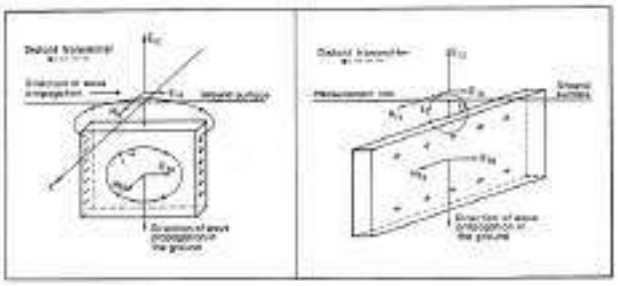


FIG. D7. Configurazioni possibili del campo elettromagnetico rispetto alla disposizione geometrica di una struttura teorica. (da D.S. PARASNIS, 1972)

Le ampiezze dei vettori **E** ed **H** in ciascun mezzo sono legate fra loro dalla relazione [STRATTON, 1941, *Electromagnetic Theory*; SCHELKUNOFF S. A., 1938, *The Impedance Concept and Its Application to Problems of Reflection, Refraction, Shielding and Power Absorption*]:

$$H = (k^{1/2} / \mu\, \omega)\, E \qquad (1)$$

dove [k] è il modulo del vettore d'onda di propagazione, μ è la permeabilità magnetica del mezzo ed ω la pulsazione angolare; per un mezzo conduttore, di conducibilità elettrica σ, vale la relazione [STRATTON J. A., 1941]

$$k^{1/2} / \mu\, \omega = (\sigma / \mu\, \omega)^{1/2}. \qquad (2)$$

Poiché $\mu = \mu_0\, \mu_r$, ove μ_r è la permeabilità magnetica relativa del mezzo e $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (H m^{-1}), la (2) può essere riscritta nella forma

$$k^{1/2} / \mu\, \omega = 355.8\, (\sigma / f\, \mu_r) \qquad (3)$$

ove $f = \omega / 2\pi$ è la frequenza dell'onda incidente.

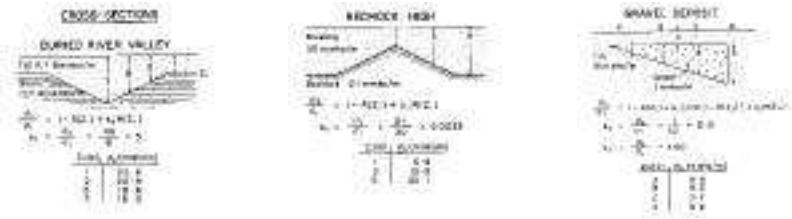
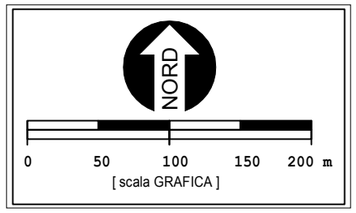


FIG. D8. Le figure descrivono l'efficacia del metodo elettromagnetico EM-Resistivity nella risoluzione di strutture geologiche contraddistinte da discontinuità laterale di spessore variabile. (da J.D. MCNEILL, 1980)

ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)



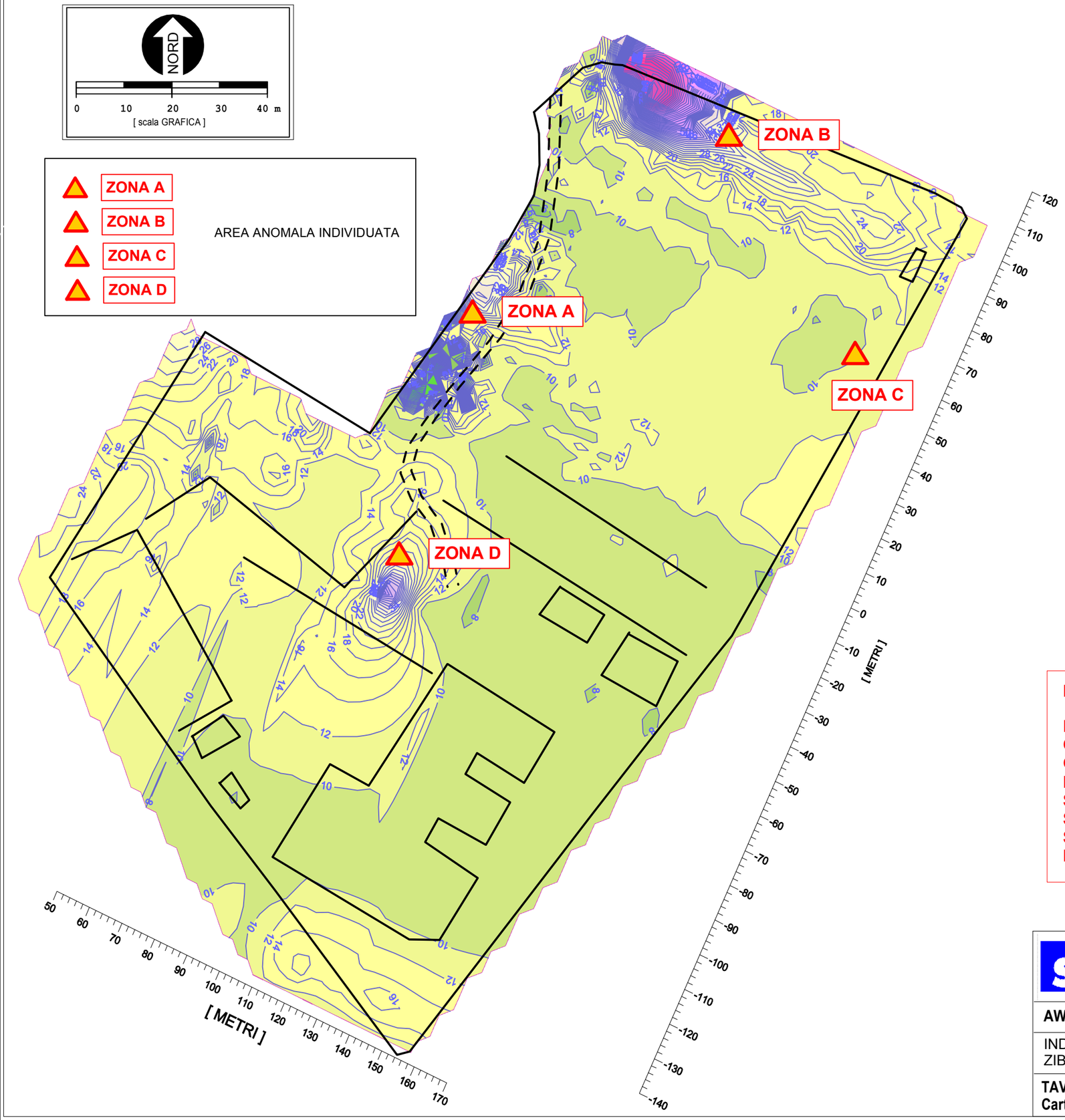
INDAGINE GEOFISICA ELETTROMAGNETICA GEORADAR
PER LA RICERCA DI SOTTOSERVIZI INTERRATI E STRUTTURE ANOMALE

AREA DI INDAGINE

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttivi
Via Bernina, 16 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

AWS - Arup Italia	data 02/2025
INDAGINE GEOFISICA - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)	GRAFICA scala
TAVOLA 1. Ubicazione dell'area di indagine	1858_1

ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)



CONDUCIBILITA' ELETTRICA >
< RELAZIONE, TERRENI E MATERIALI

[CONDUCTIVITY (mS x M-1)]

108, 102, 96, 90, 84, 78, 72, 66, 60, 54, 48, 42, 36, 30, 24, 18, 12, 6

ZONE DI ANOMALIA
TERRENI ALTERATI
STRUTTURE METALLICHE
INTERRATE

TERRENI NATURALI
E DEPOSITI
SUPERFICIALI INERTI

4 – ISOMETRIC LINE. ELECTROMAGNETIC CONDUCTIVITY [mSiemens x M-1]

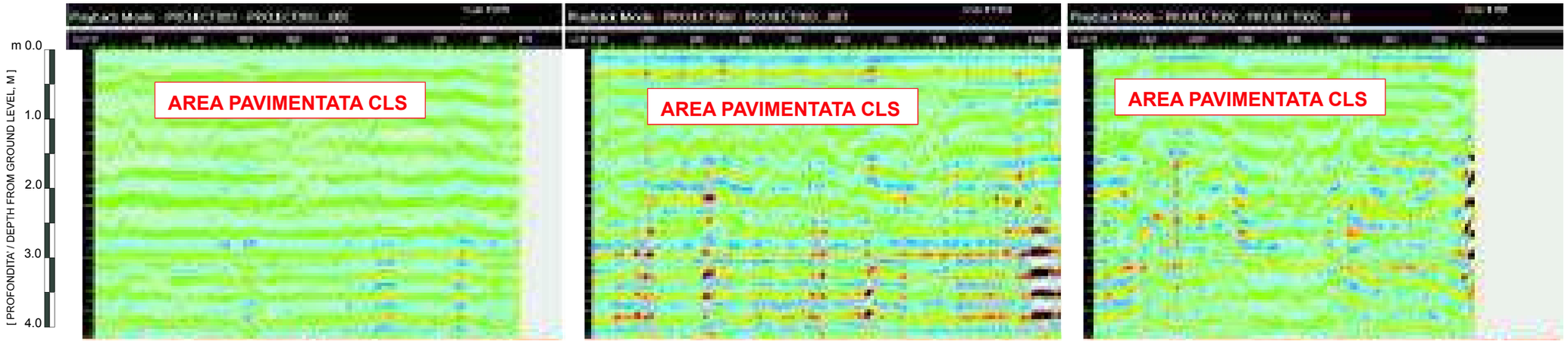
CONDUCIBILITA' ELETTRICA DEL SOTTOSUOLO [Ms.M-1]
DA 0 A 3-4 M DI PROFONDITA'

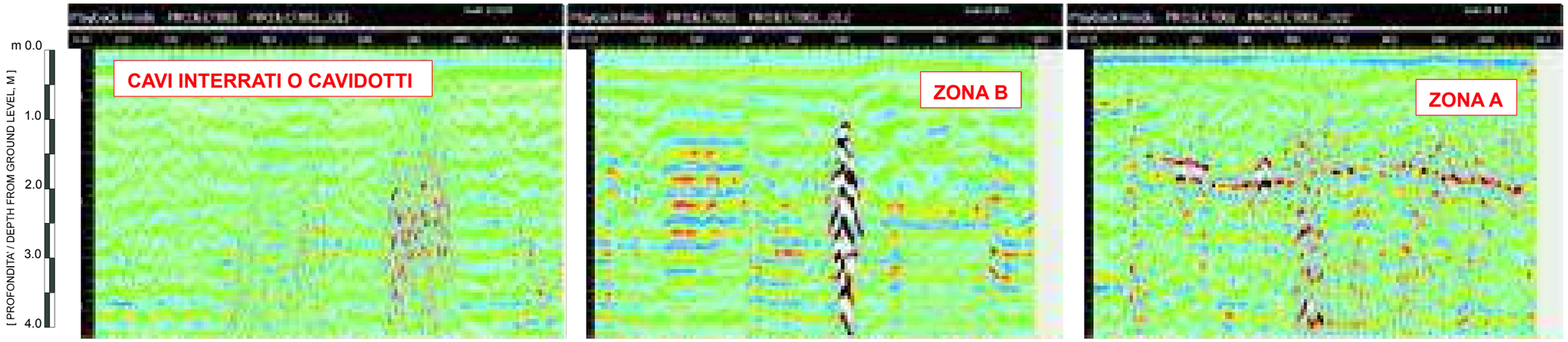
RISULTATI

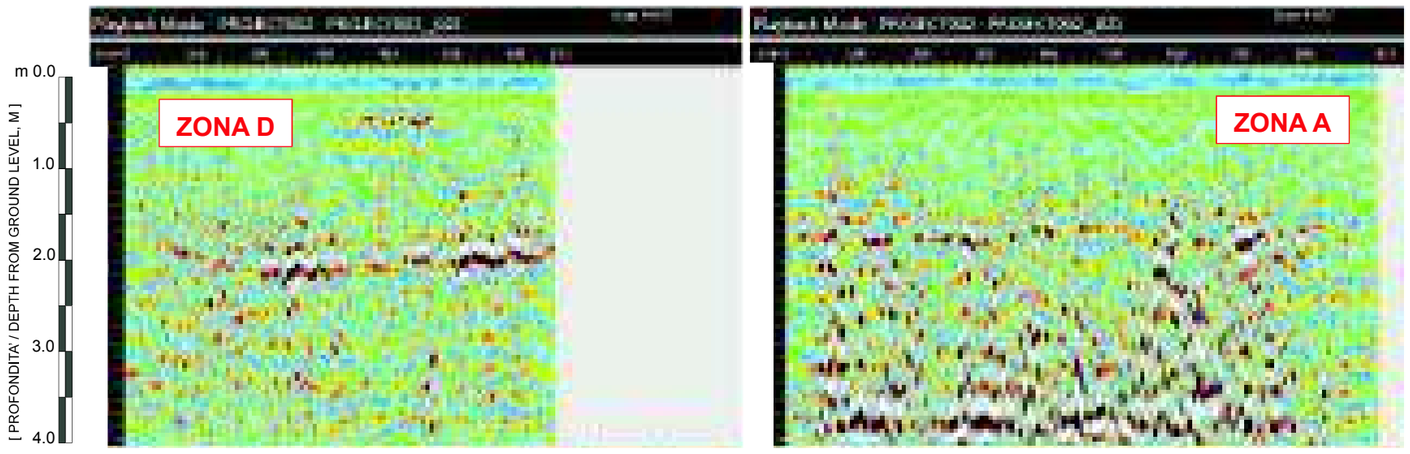
L'AREA DI INDAGINE RISULTA CARATTERIZZATA DA VALORI DI RESISTIVITA' GEOFISICA DEL TERRENO COMPATIBILI CON TERRENI E RIPORTI DI INERTI SUPERFICIALI.
SONO STATI INDIVIDUATI I PRINCIPALI SOTTOSERVIZI INTERRATI.
SI EVIDENZIANO LE STRUTTURE INTERRATE DI INTERESSE.

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttivi
Via Bernina, 16 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

AWS - Arup Italia	data 02/2025
INDAGINE GEOFISICA - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)	scala GRAFICA
TAVOLA 2. Risultati delle indagini geofisiche. Carta della conducibilità elettrica del terreno	1858_2







INDAGINE GEOFISICA GEORADAR [GPR]
PER LA RICERCA DI STRUTTURE INTERRATE
PROFONDITA' DI INDAGINE = 0 - 4 M CIRCA

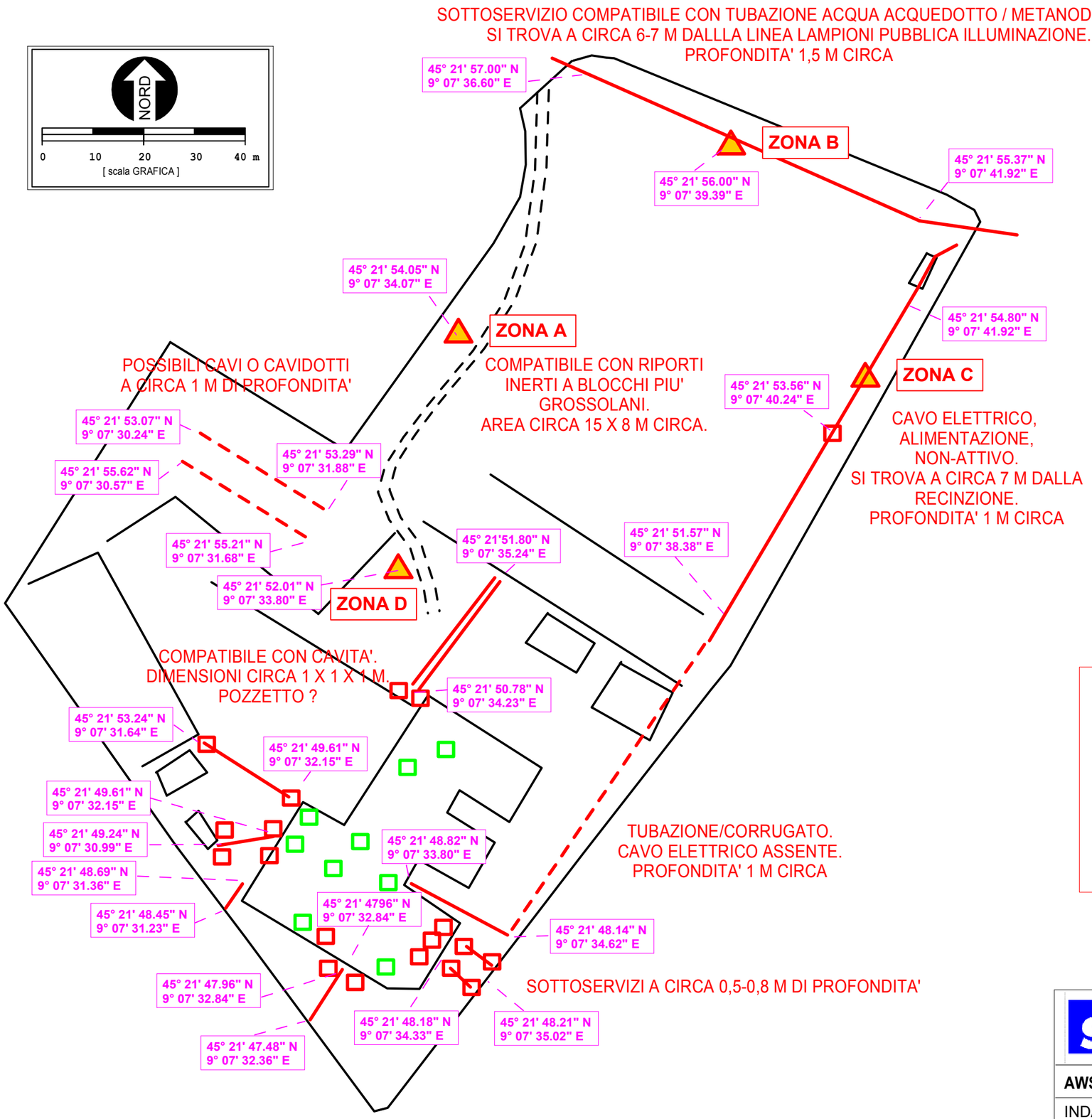
SEZIONE GEORADAR - [GPR] GROUND PENETRATING RADAR PROFILE

INDAGINE GEOFISICA -
ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

AWS - Arup Italia

data 02/2025

Tavola 3. Indagini geofisiche GEORADAR [GPR]
Sezioni radargrafiche



ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

ZONA A
ZONA B
ZONA C
ZONA D

ZONE ANOMALE INDIVIDUATE

COORDINATE GPS-WGS84

45° 21' 55.37" N
9° 07' 41.92" E

POZZETTO OSSERVABILE

POZZETTO OSSERVABILE
COMPATIBILE CON MESSA A TERRA

TRACCIA DI SOTTOSERVIZIO INTERRATO

PROBABILE TRACCIA DI SOTTOSERVIZIO INTERRATO

RISULTATI

L'AREA DI INDAGINE RISULTA CARATTERIZZATA DA VALORI DI RESISTIVITA' GEOFISICA DEL TERRENO COMPATIBILI CON TERRENI E RIPORTI DI INERTI SUPERFICIALI.
SONO STATI INDIVIDUATI I PRINCIPALI SOTTOSERVIZI INTERRATI.
SI EVIDENZIANO LE STRUTTURE INTERRATE DI INTERESSE.

SCHINELLI CONSULTING
geotecnica, geofisica, controlli non distruttivi
Via Bernina, 16 - 20044 Arese (MI)
www.schinelli.com

AWS - Arup Italia	data 02/2025
INDAGINE GEOFISICA - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)	scala GRAFICA
TAVOLA 4. Risultati delle indagini geofisiche	1858_4

ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)

INDAGINE GEOFISICA GEORADAR [GPR]
PER LA RICERCA DI STRUTTURE INTERRATE
PROFONDITA' DI INDAGINE = 0 - 4 M CIRCA

		INDAGINE GEOFISICA - ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)
AWS - Arup Italia	data 02/2025	**Tavola 5. FOTOGRAFIE delle indagini geofisiche**

A.2 Campagna indagini – Arcadis, 2023-2024

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/2

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Lefranc	Piezometer
1	0.0		Filling material of the basin, consisting of weakly gravelly silt and sand. Few brick remains. Brown color			1.0 CR Sw4-CR1 1.5		
2	1.5		Grey-brown weakly silty gravel and sand.	1.5	C 13-19-13			
3				3.0	C 12-5-2			
4	3.6		Grey weakly gravelly/gravelly sand.			4.0 CR Sw4-CR2 4.5		
5	b.b.			4.5	C 11-11-8			
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Note:
O= SPT open cone CR= Disturbed sample
C= SPT closed cone CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring	Sheet 2/2

Photographic report

Sw4 0-5 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw5
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/2

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Lefranc	Piezometer
1	0.0		Filling material of the basin, consisting of weakly gravelly silt and sand. Few brick remains. Brown color			1.0 CR Sw5-CR1 1.5		
2	1.5		Grey weakly silty gravel and sand.	1.5	O 6-14-20			
3				3.0	C 6-14-11	3.5		
4	3.6		Brown weakly silty gravel and sand.			CR Sw5-CR2 4.5		
5	b.b.			4.5	C 24-27-29			
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Note:
O= SPT open cone CR= Disturbed sample
C= SPT closed cone CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw5
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 02/01/2024
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/2

Photographic report

Sw5 0-5 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/3

Depth	Description
0.0	Filling material, consisting of weakly silty gravel and sand. Brick remains. Light Brown/grey color
0.7	Brown weakly gravelly silt with sand.
1.5	Light brown/grey weakly gravelly, silty sand.
2.0	Light grey weakly silty sand and gravel.
3.0	Light grey weakly silty gravel and sand.
4.5	Weakly silty sand with gravel and weakly silty gravelly sand organized in metric/decimetric thickness layers. light brown color
13.5	Light brown weakly silty gravel with sand.
14.4	Weakly clayey silt. beige color
15.5	Light grey to beige silty sand.
17.2	Light brown silty gravel with sand.
18.5	Light brown to beige silty sand and gravel.

S.P.T. depth	S.P.T. value
1.5	O 2-2-1
3.0	O 4-3-5
4.5	O 9-9-2
6.0	O 10-14-13
7.5	O 10-13-10
9.0	O 9-9-9
10.5	C 8-11-12
12.0	C 10-18-18
13.5	C 13-10-13
15.5	C 3-5-5
16.5	C 5-5-13
18.0	C 46-26-19
19.5	C 7-3-2

Samples	Lefranc
0.7	1.0
CR Sw6-CR1	LEF-1
1.3	1.5
2.0	
CR Sw6-CR2	
3.0	
	4.0
	LEF-2
	4.5
7.0	
CR Sw6-CR3	
8.0	
15.0	
CI Sw6-CI1	
15.5	

Piezometer: 1.79 (18/1/24)

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample
LEF=Lefranc permeability test
=Groundwater level (measurement date)
Stand pipe piezometer
Perforated plastic pipe

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/3

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Groundwater	Piezometer
21	20.8		Light brown to beige silty sand and gravel.					
	21.4		Beige silty sand.	21.0	O 4-6-10			
22			Weakly silty clay / clay with silt. Beige color			22.5		
23	23.0			23.0	O 11-17-29	CI Sw6-CI2 23.0		
24			Reddish brown to beige sand. silty sand layer between -24.1 and -24.7 m	24.0	O 7-17-22			
25								
26				25.5	O 9-26-39	26.0		
27				27.0	O 9-20-32	CR Sw6-CR4 27.0		
28								
29				28.5	O 10-22-31			
30	b.b.			30.0	O 20-35-39			

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 3/3

Photographic report

Sw6 0-5 m

Sw6 5-10 m

Sw6 10-15 m

Sw6 15-20 m

Sw6 20-25 m

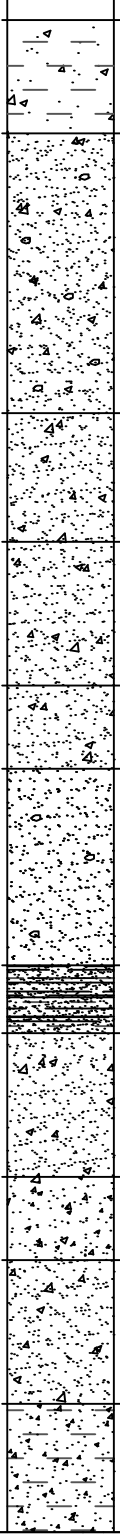
Sw6 25-30 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw7
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 15/01/24 - 18/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/3

Scale 1:100

Stratigraphy



Depth	Description
0.0	Weakly gravelly sandy silt / silty sand. Roots residue. Brown color.
1.5	Light brown/grey weakly pebbly and weakly silty gravel with sand.
5.2	Medium to coarse sand with gravel. Light brown color
6.9	Weakly gravelly medium sand. Brown color
8.8	Medium sand with medium gravel. Brown color
9.9	Medium to coarse sand, traces of gravel. Brown/beige color
12.5	Weakly sandy, clayey silt. Grey to dark grey color
13.4	Medium sand with medium gravel. Brown/beige color
15.3	silty sandy medium gravel. Light brown color
16.4	Weakly silty and weakly sandy medium gravel. Light brown color
18.3	Gravelly sand with silt. Brown/ocher color

S.P.T. depth	S.P.T. value
1.5	O 4-5-5
3.0	O 12-9-8
4.5	O 6-5-5
6.0	O 9-12-11
7.5	O 7-12-14
9.0	O 4-8-9
10.5	O 5-8-11
12.0	O 7-6-13
15.0	O 9-8-11
16.5	O 14-18-10
18.0	C 16-34-27
19.5	O 11-10-11

Samples	Lefranc
1	0.9
CR Sw7-CR1	LEF-1
1.5	1.5
4.0	
CR Sw7-CR2	
5.0	
5.5	
6	LEF-2
CR Sw7-CR3	6.0
6.5	
11.0	
CR Sw7-CR4	
12.0	
12.6	
CR Sw7-CR5	
13.3	
18.5	
CR Sw7-CR6	
19.5	

Piezometer

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample
LEF=Lefranc permeability test
=Groundwater level (measurement date)
Stand pipe piezometer
Perforated plastic pipe

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/3

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Groundwater	Piezometer
	20.2		Medium to coarse sand with gravel. Brown/ocher color					
21	20.8		Weakly sandy silt and clay. Beige color			21.0		
				21.5	O 4-8-18	CI Sw7-CI1 21.5		
22								
	22.4		Fine to coarse sand. Ocher to beige color	22.5	O 5-4-9			
23								
24				24.0	O 6-21-35	24.0		
25						CR Sw7-CR7 25.0		
26				25.5	O 5-7-25			
27				27.0	O 10-23-29			
28								
29				28.5	O 9-9-12			
	29.0		Very fine sand with silt. Light grey color					
30	b.b.			30.0	O 4-10-19			

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Sw6 (Pz1-bis)
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 04/01/24 - 09/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 3/3

Photographic report

Sw7 0-5 m

Sw7 5-10 m

Sw710-15 m

Sw7 15-20 m

Sw7 20-25 m

Sw7 25-30 m

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Pz4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 09/01/24 - 12/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 1/3

Depth	Description
0.0	Weakly gravelly sandy silt / silty sand. Roots residue. Brown color.
1.4	Light brown/grey weakly pebbly and weakly silty gravel with medium to coarse sand.
4.5	Medium to coarse sand with gravel. Grey/brown color
6.9	Gravelly fine to medium sand. Brown/grey color
8.8	Medium to coarse sand with gravel. Brown/grey color
11.8	Weakly sandy, clayey silt. Grey to dark grey color
14.2	Medium to coarse sand with gravel. Ocher color
16.6	Weakly silty and sandy gravel. Grey/ brown color
18.6	Weakly silty coarse sand with gravel. Brown/grey color
19.9	

S.P.T. depth	S.P.T. value
1.5	O 1-2-2
3.0	O 7-9-5
4.5	O 5-7-9
6.0	O 4-8-12
7.5	O 4-3-4
9.0	O 7-5-8
10.5	O 4-5-9
14.0	C 7-37-32
15.0	O 11-6-6
16.5	O 15-14-18
18.0	C 7-22-21
19.5	O 8-9-5

Samples	Lefranc
1.0	LEF-1 1.5
1.5	CR Pz4-CR1 2.5
5.0	CR Pz4-CR2 6.0
9.0	CR Pz4-CR3 10.0
13.5	CI Pz4-CI1 14.0
15.5	CR Pz4-CR4 16.5

Piezometer: 1.63 (18/1/24)

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample
LEF=Lefranc permeability test
=Groundwater level (measurement date)
Stand pipe piezometer
Perforated plastic pipe

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Pz4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 09/01/24 - 12/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 2/3

Scale 1:100	Depth	Stratigraphy	Description	S.P.T. depth	S.P.T. value	Samples	Groundwater	Piezometer
21	21.0		Gravelly sand with silt. Brown/grey color	21.0	O 4-5-5	21.4		
	21.4		Silty medium to coarse sand. Reddish-ocher color			CR Pz4-CR5		
22	21.8		Light grey silt and clay. Reddish-ocher mottles			21.8		
	22.4		Weakly silty fine sand. Beige/ocher color	22.5	O 6-8-16			
23			Fine to medium sand. Ocher to beige color					
24				24.0	C 11-18-33			
25						25.0		
26				25.5	C 15-29-44	CR Pz4-CR6		
						26.0		
27				27.0	O 4-5-15			
28								
29	28.6		Silt with fine sand. Beige color	28.5	O 4-10-17			
30	b.b.			30.0	O 3-8-14			

Note:
O= SPT open cone
C= SPT closed cone
CR= Disturbed sample
CI= Undisturbed sample

Client: AMAZON S.p.A.	Borehole: Pz4
Reference: Zibido S. Giacomo (MI) - Via Verdi	Date: 09/01/24 - 12/01/24
Drilling Company: SGM S.r.l.	
Drilling method: continuous dry coring - Ø 127 mm - Ø 101 mm	Sheet 3/3

Photographic report

Pz4 0-5 m

Pz4 5-10 m

Pz4 10-15 m

Pz4 15-20 m

Pz4 20-25 m

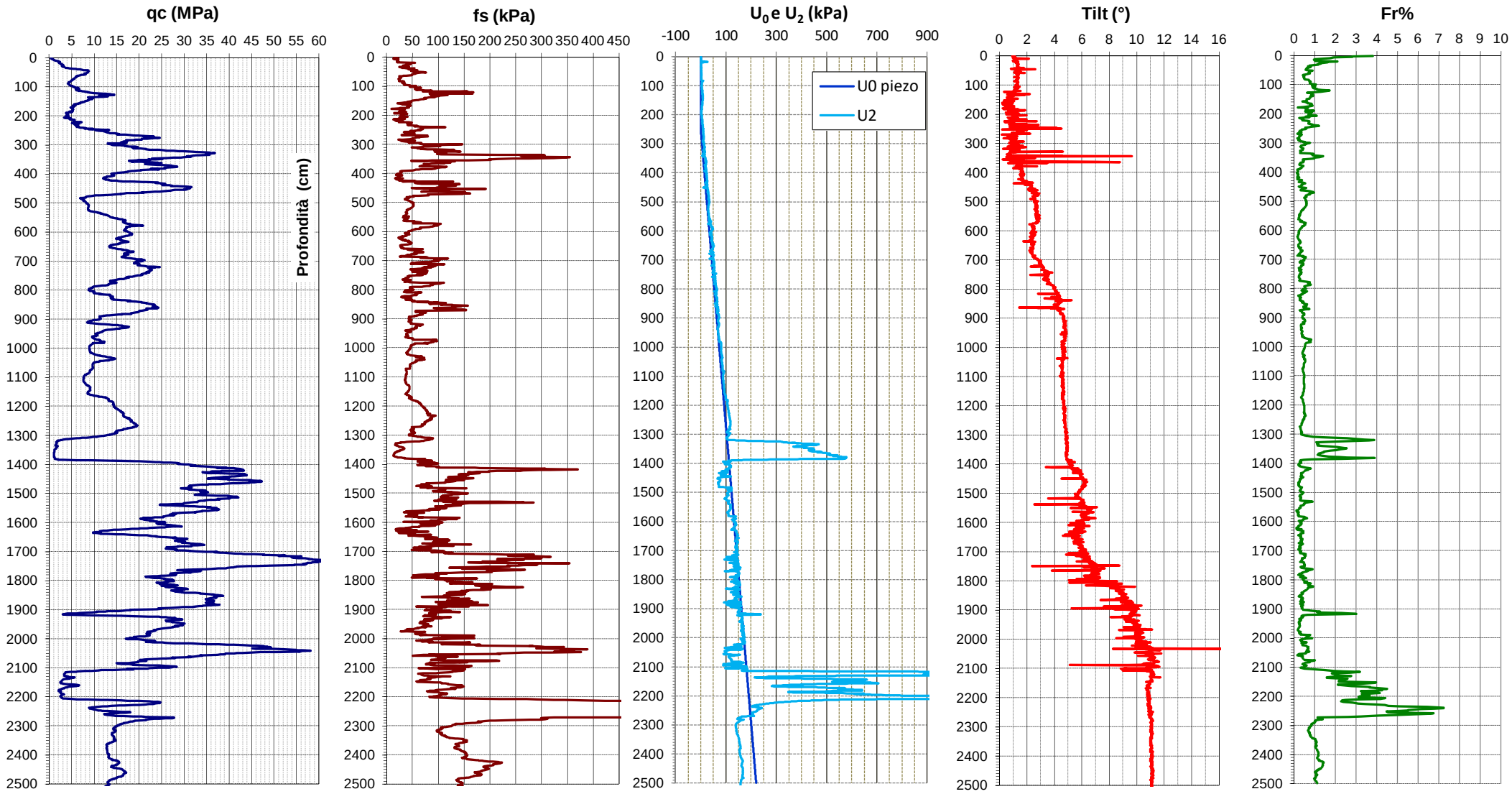
Pz4 25-30 m

S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 1	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	



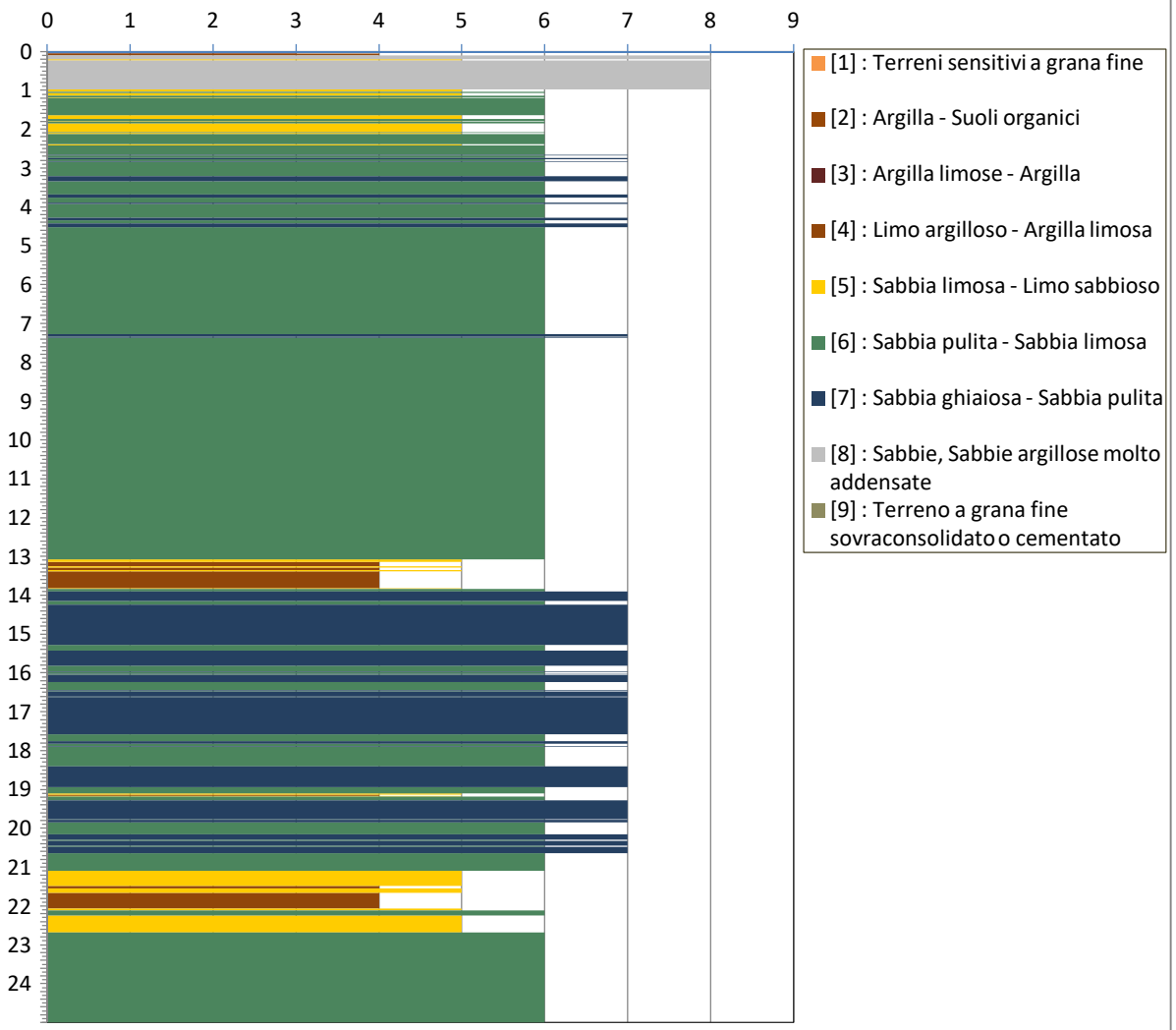
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

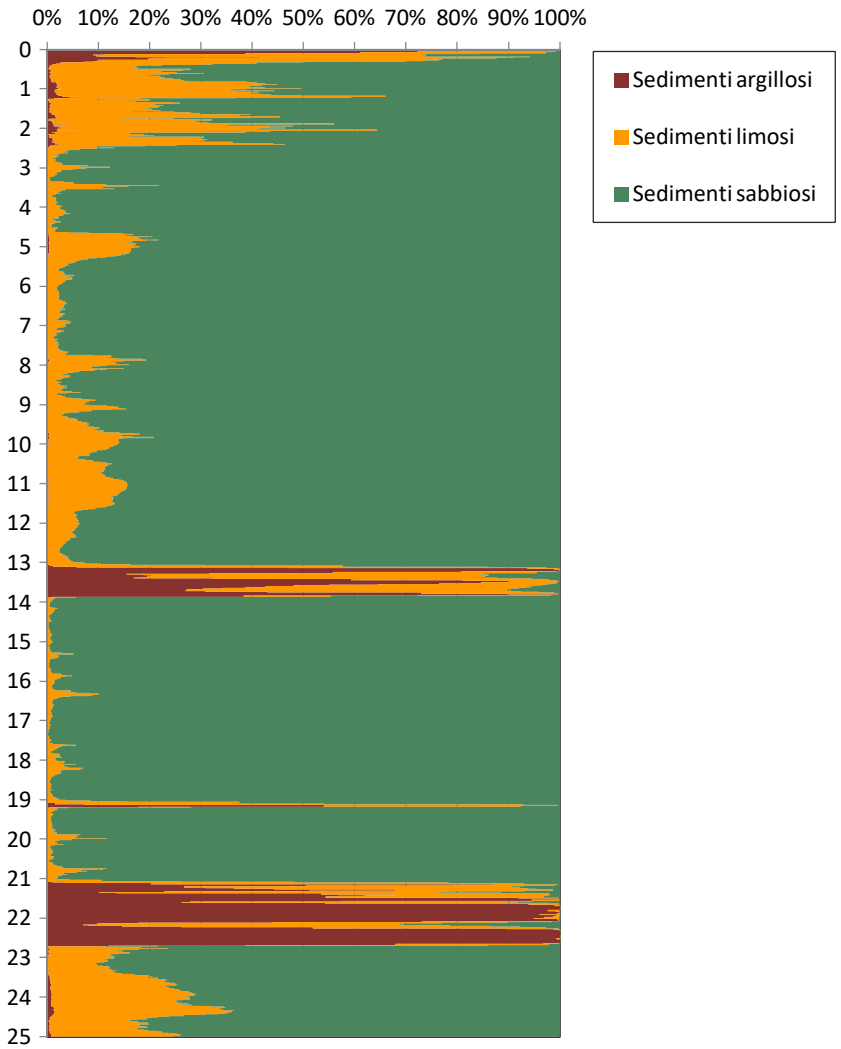
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 1	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

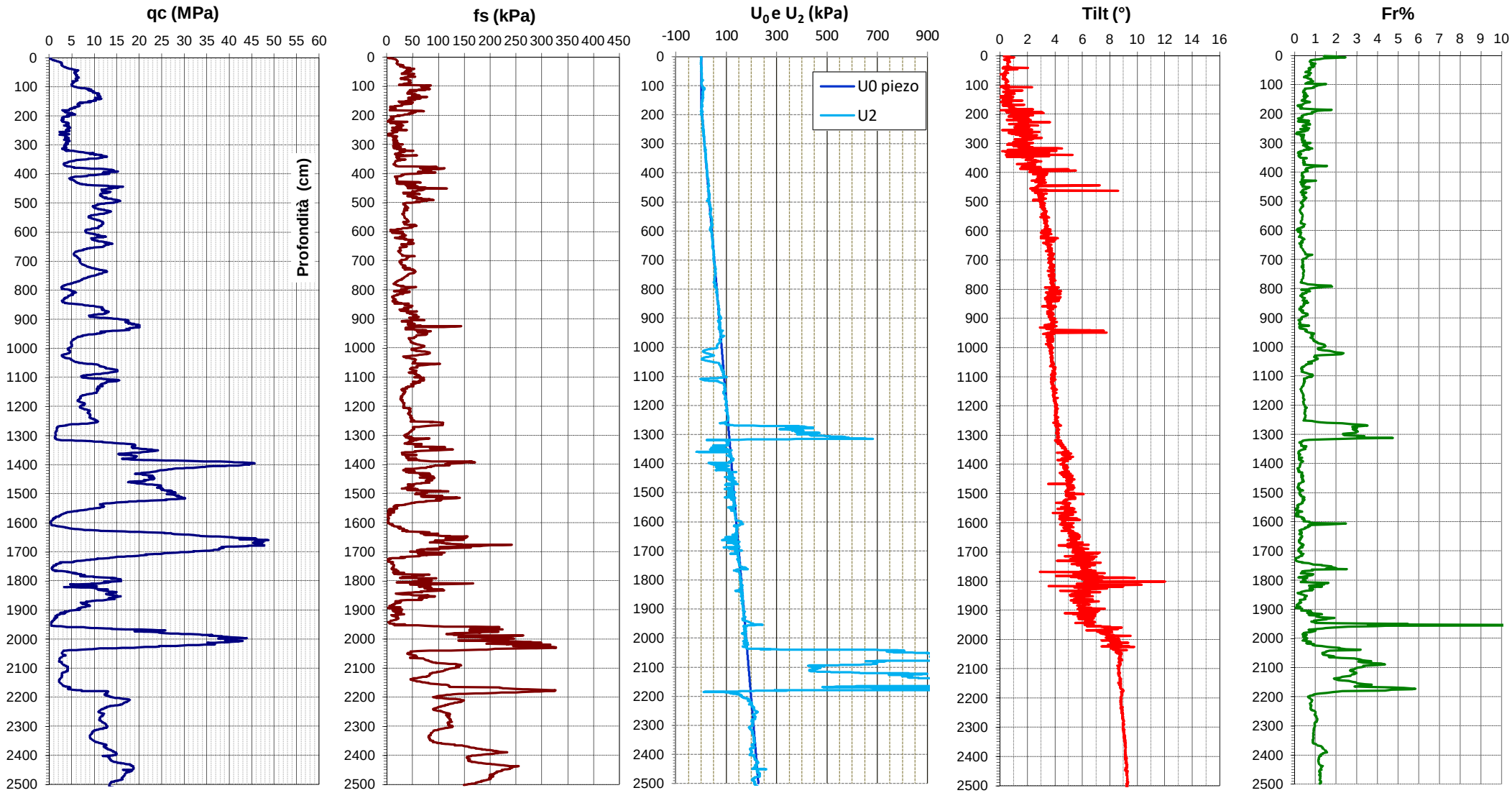


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 2	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	



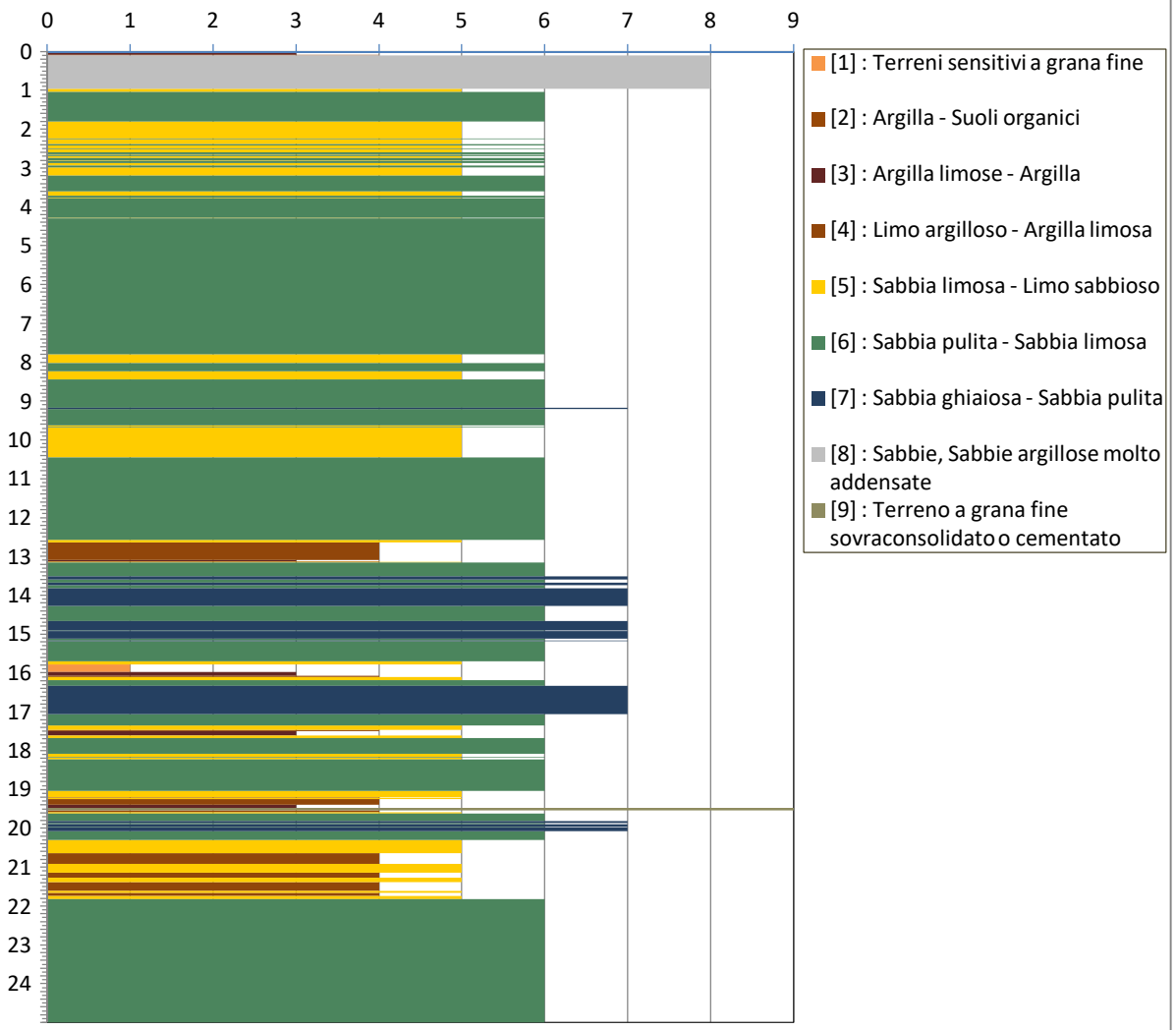
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

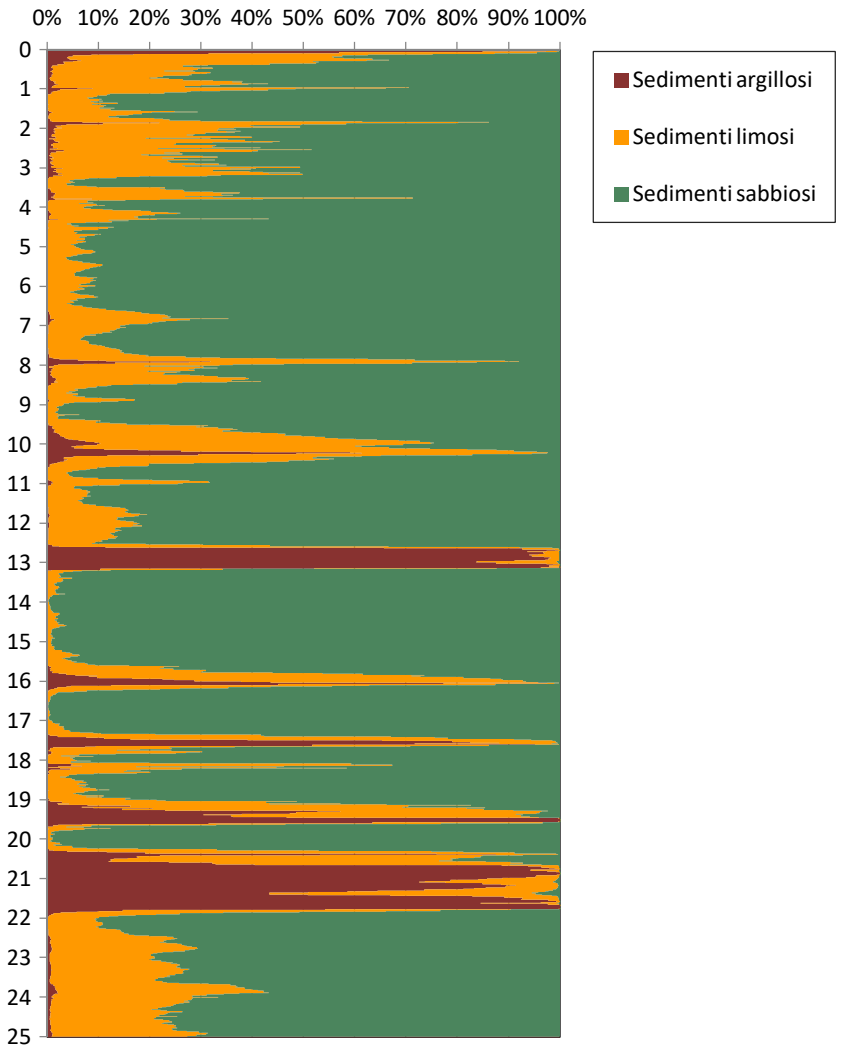
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 2	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

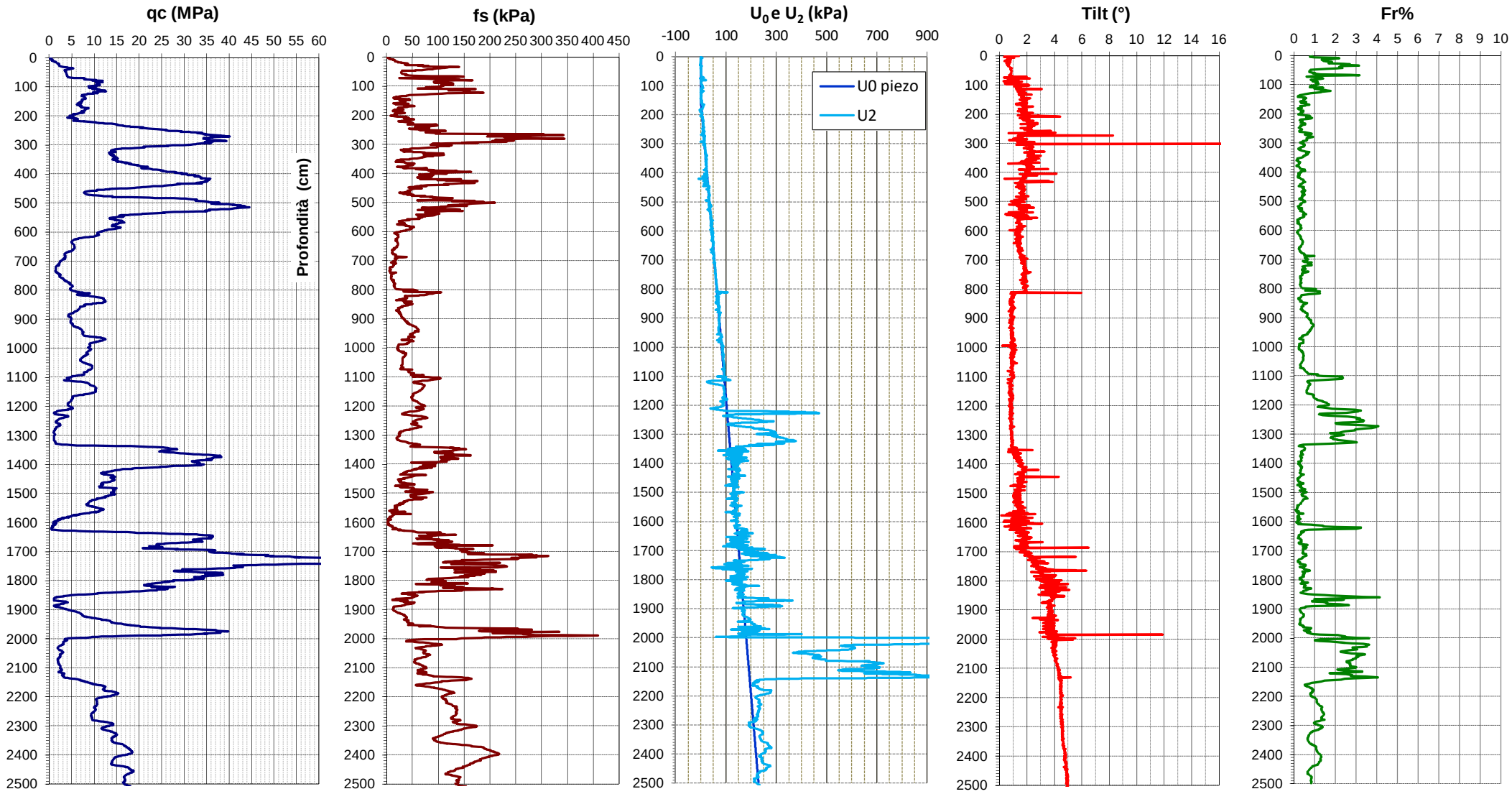


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 3	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	



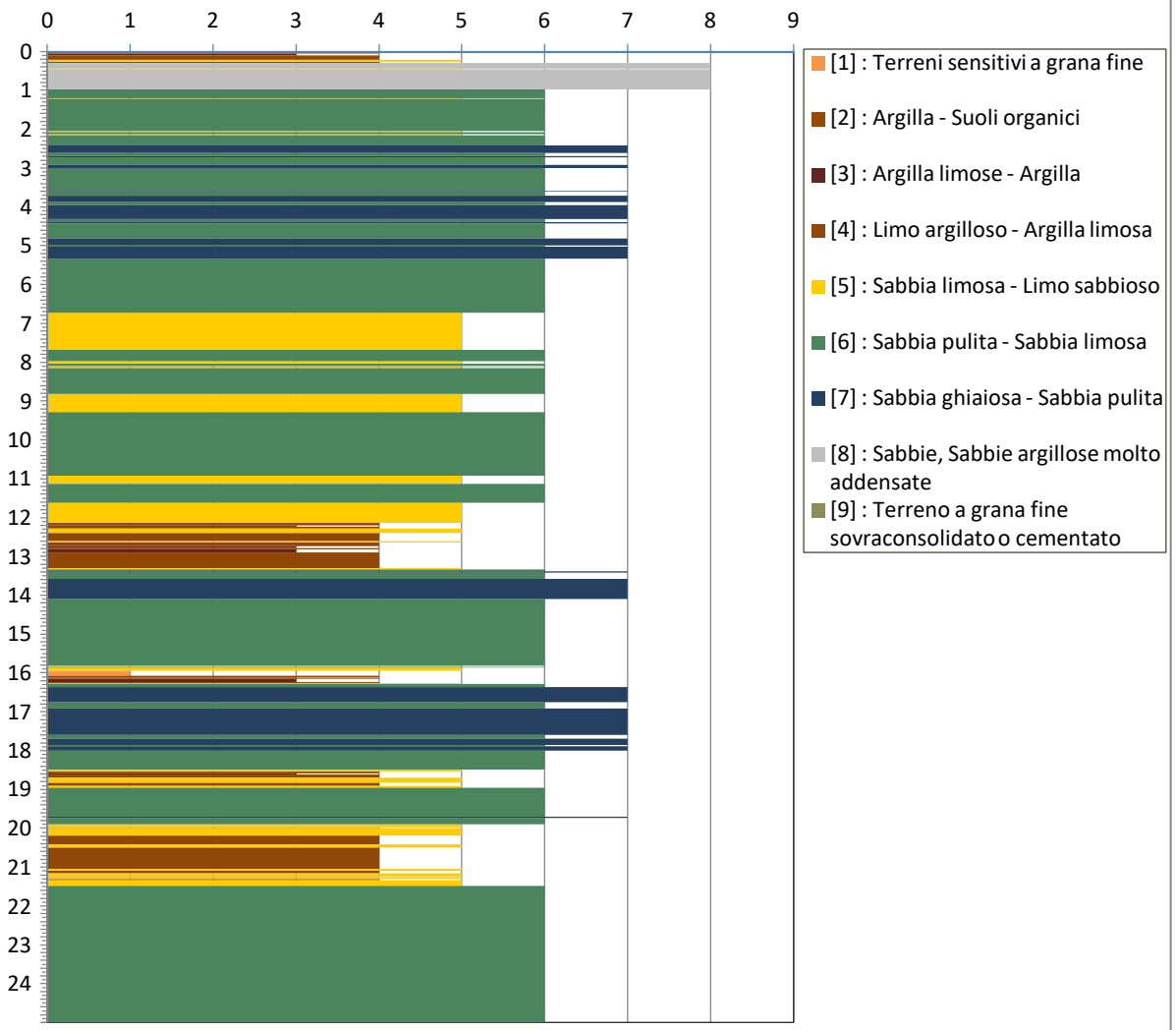
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

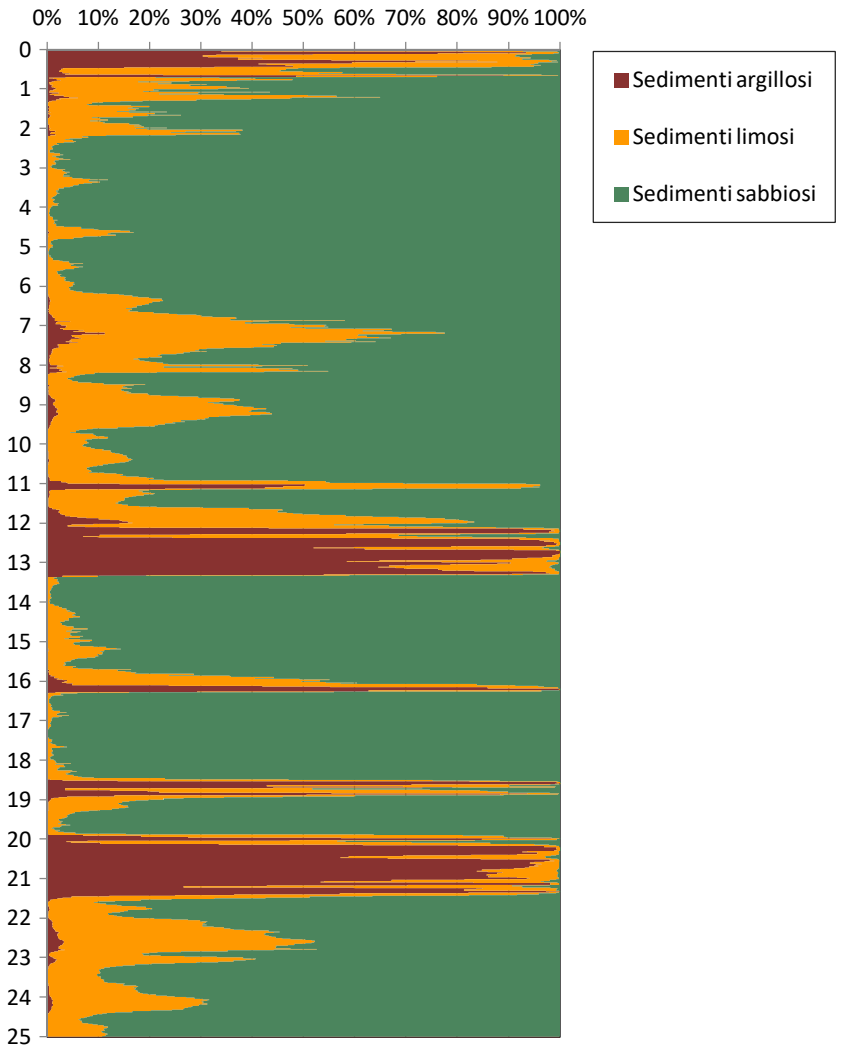
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 3	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

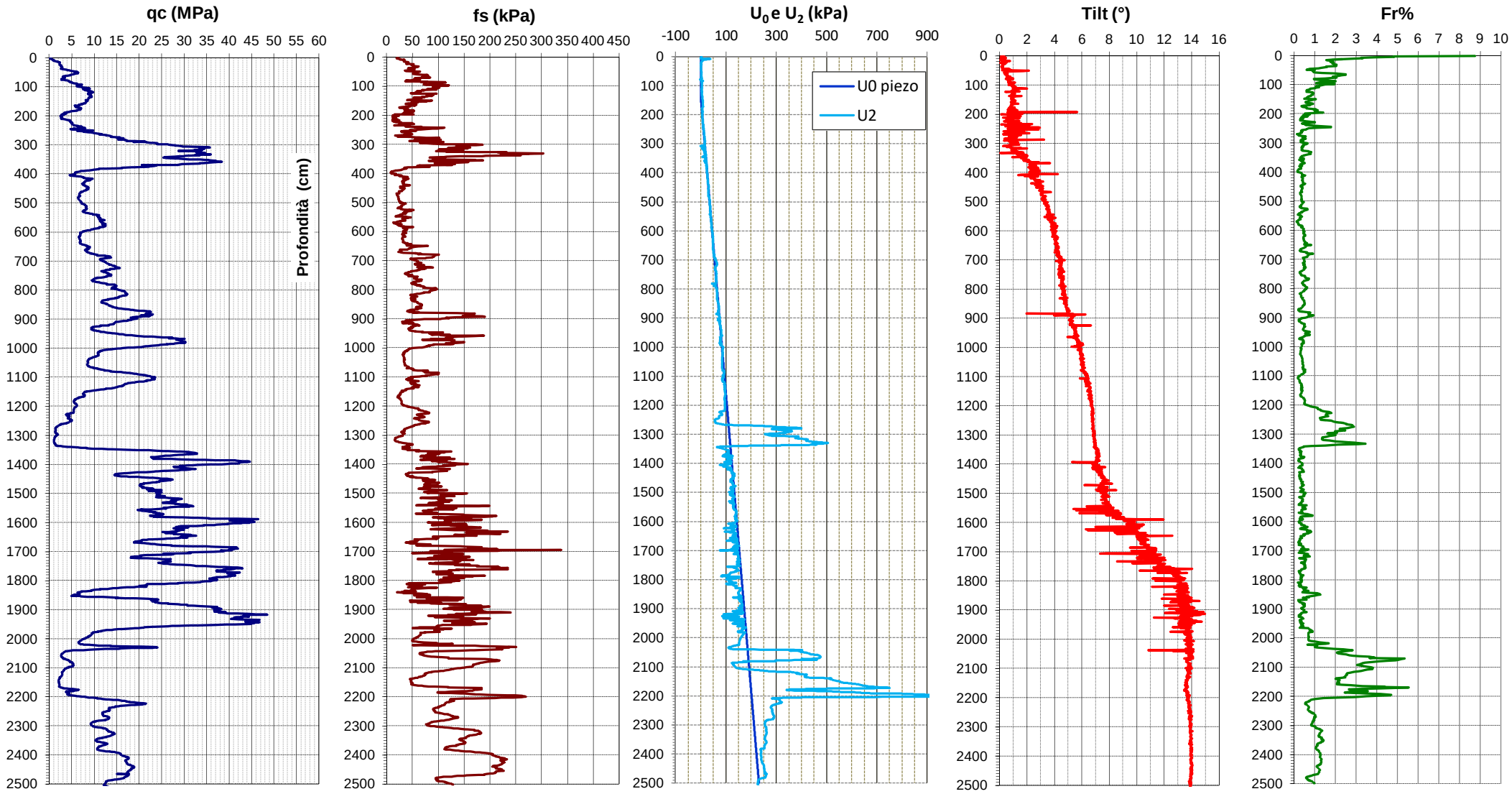


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 4	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	



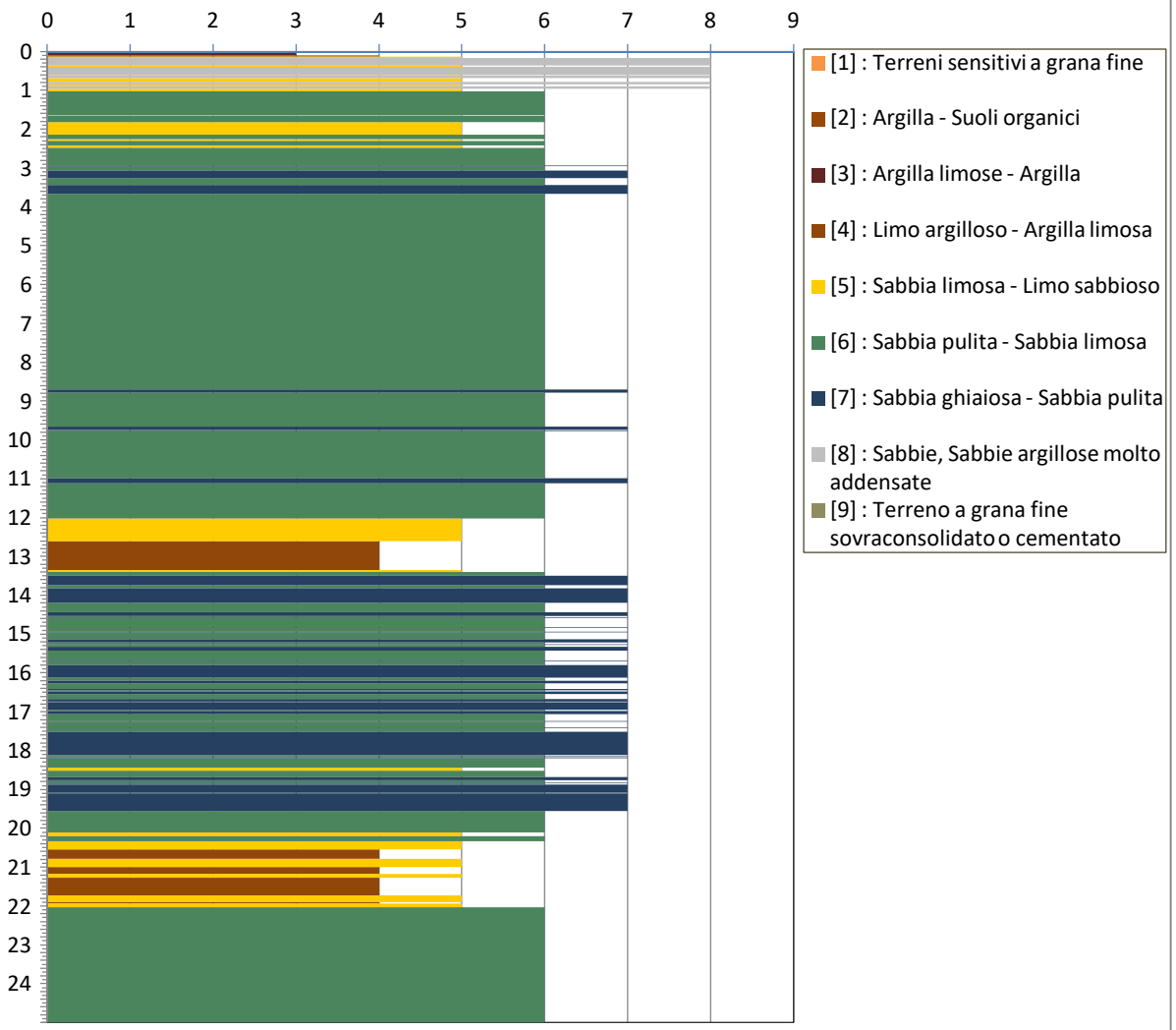
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

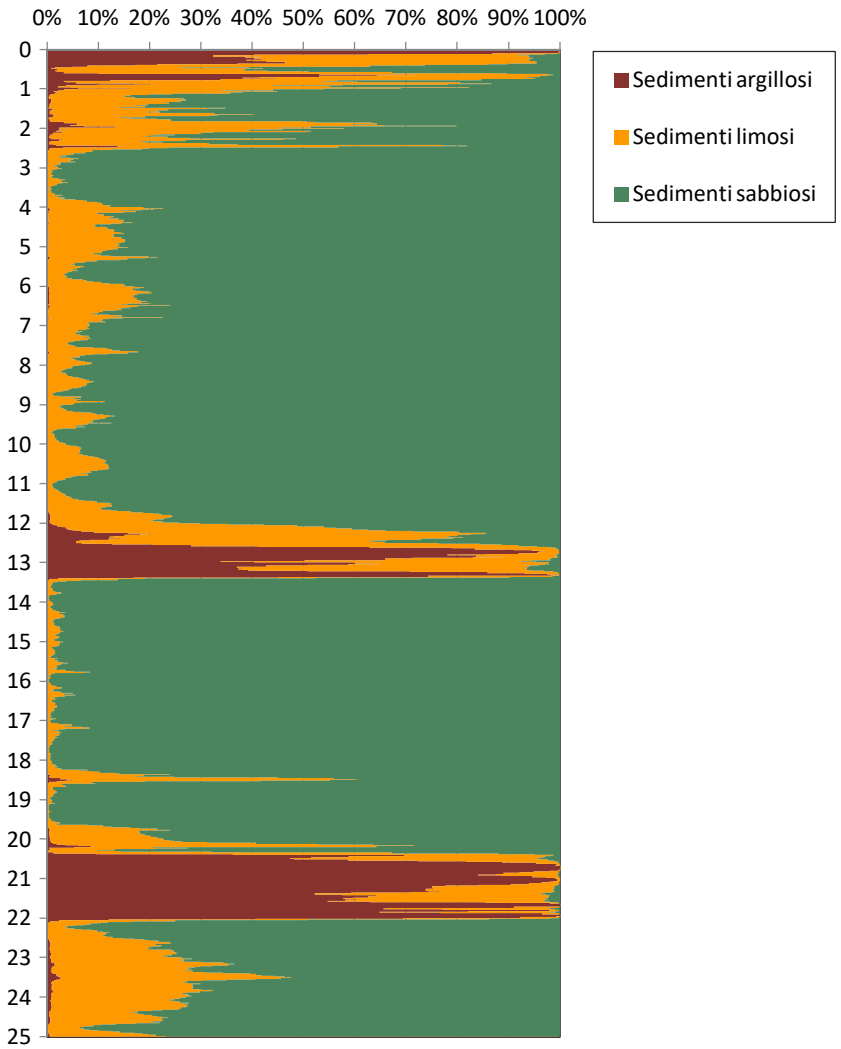
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 4	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

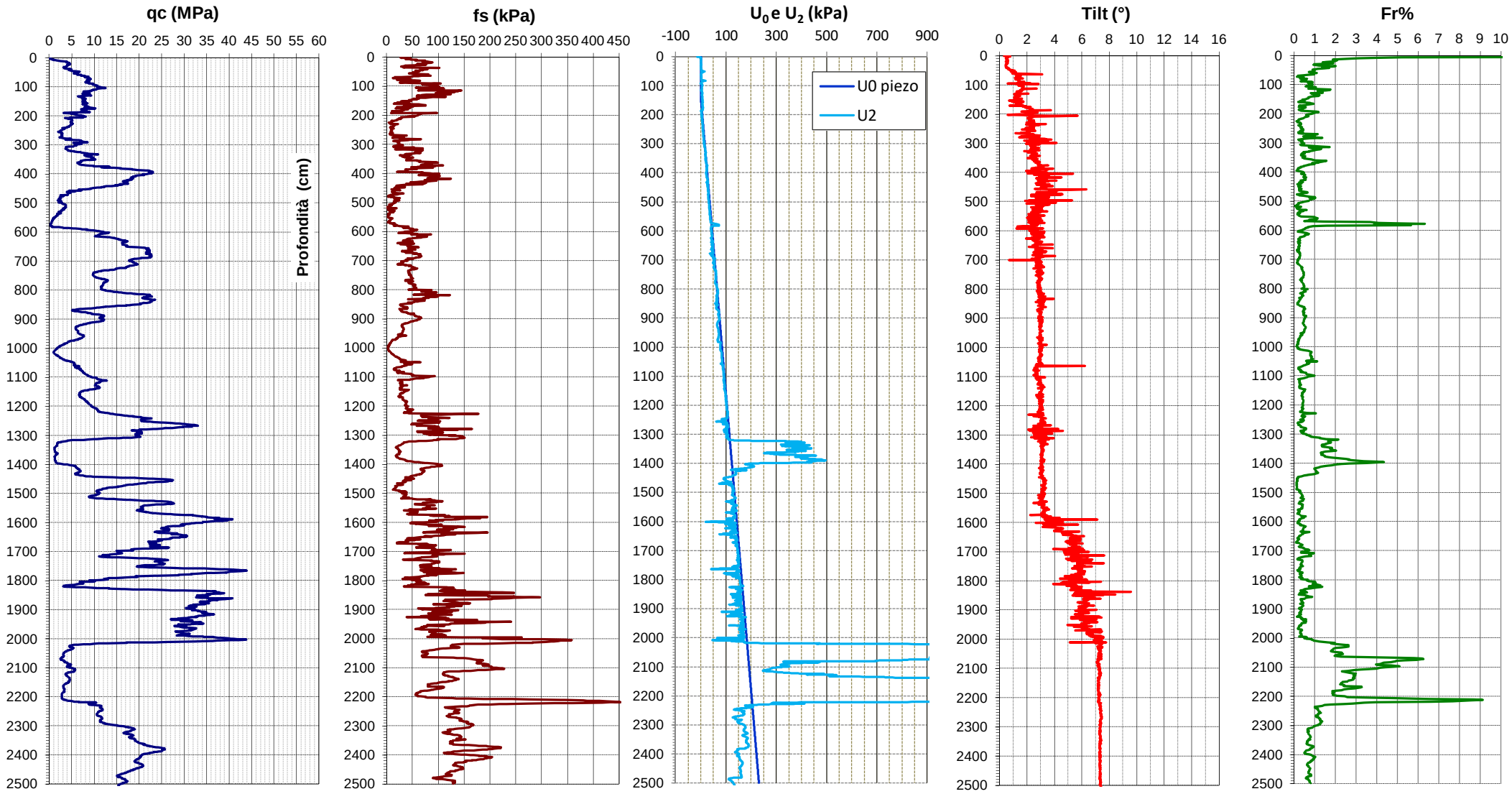


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 5	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	



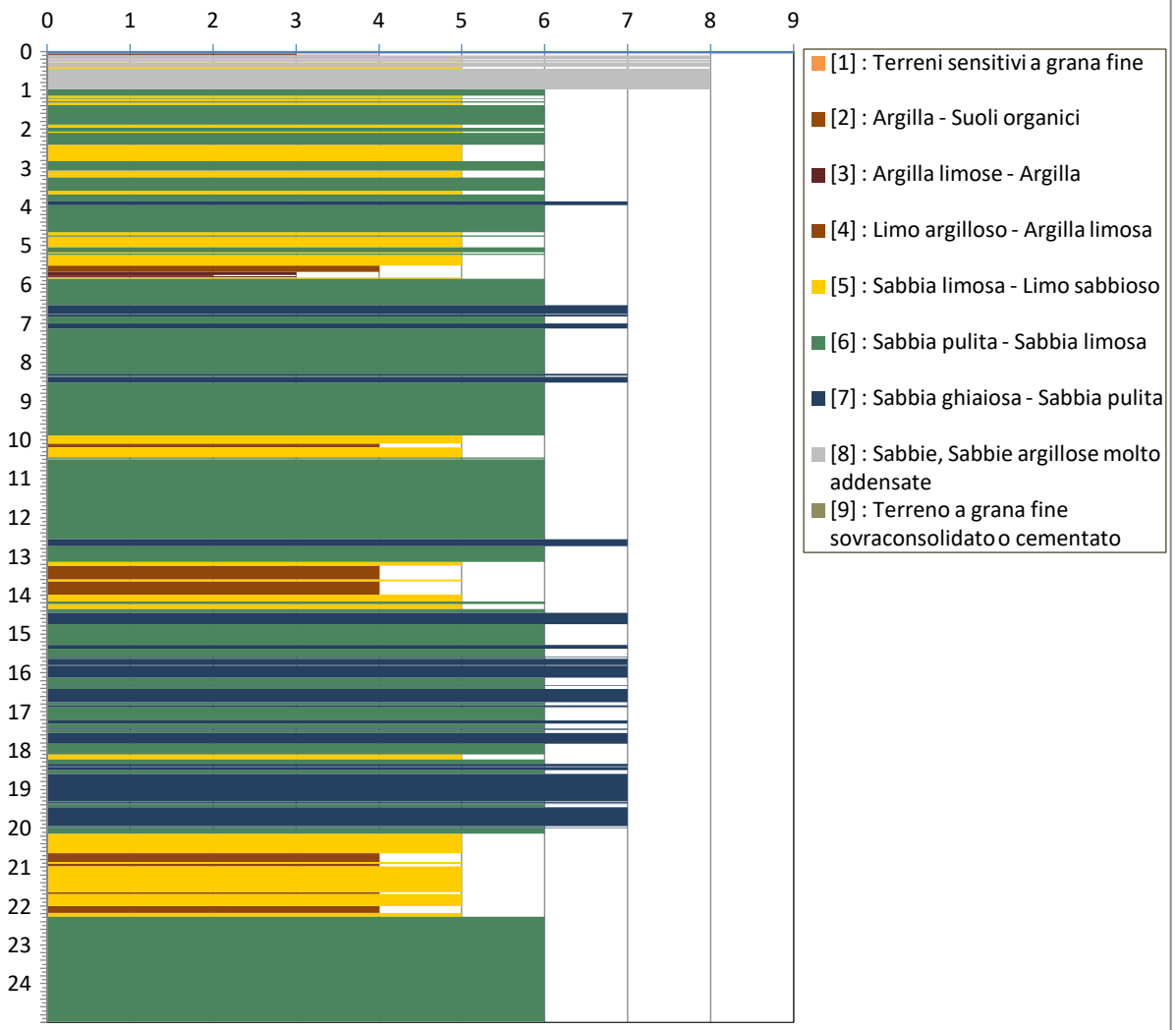
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

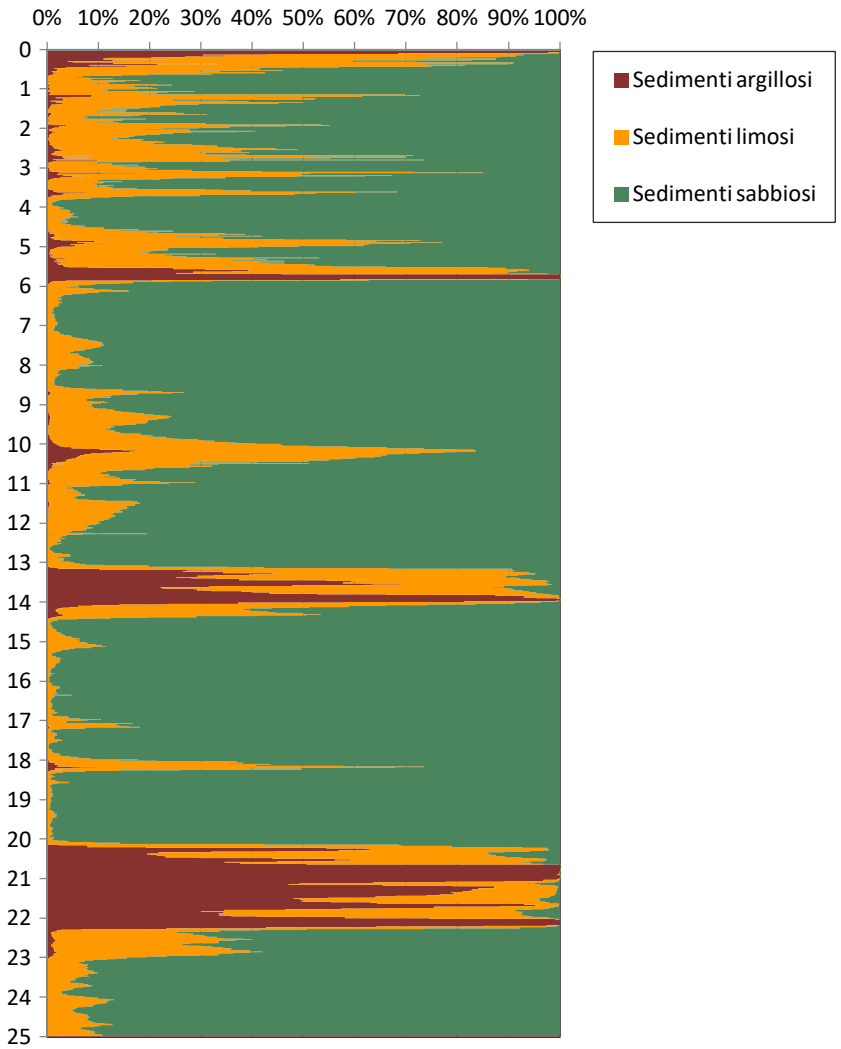
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 5	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.50	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

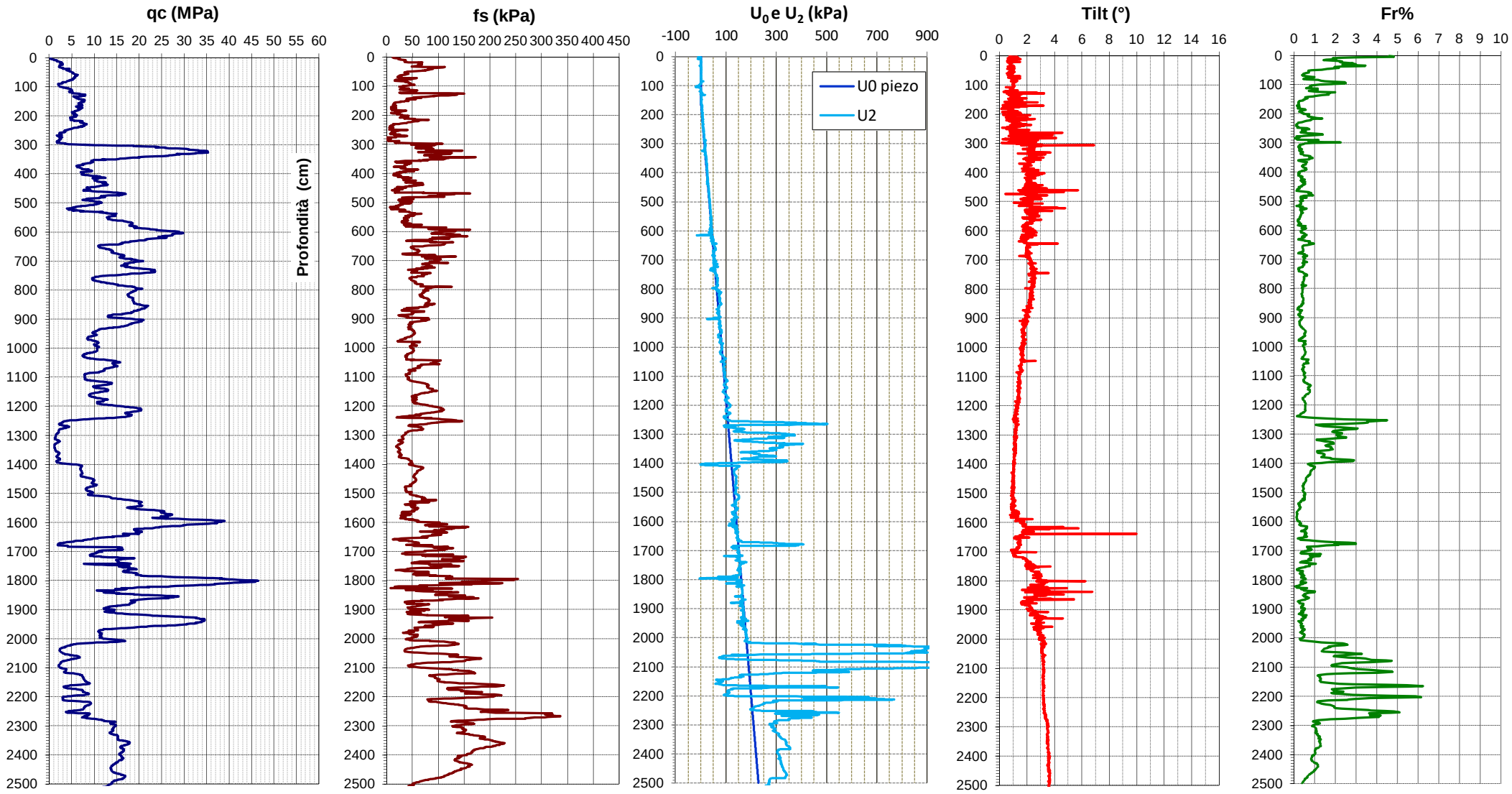


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 6	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	



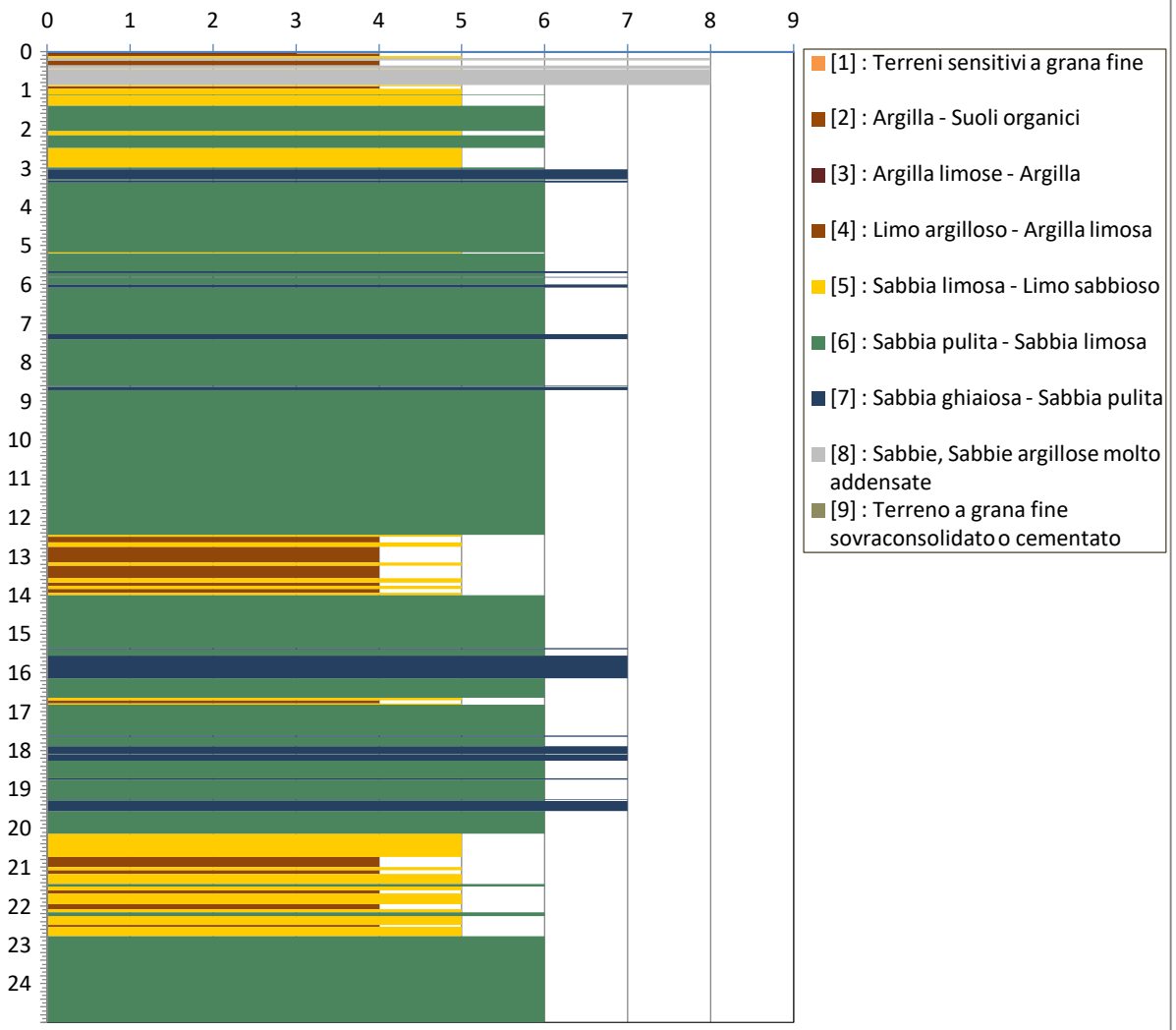
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

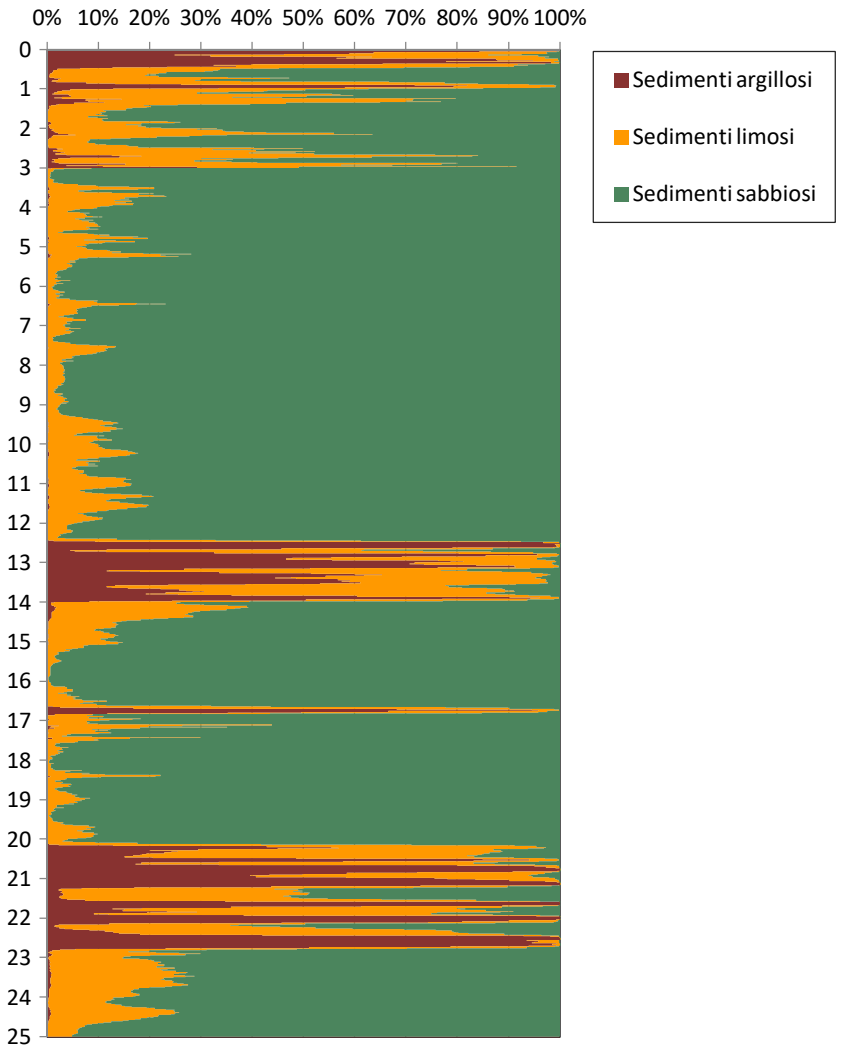
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 6	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

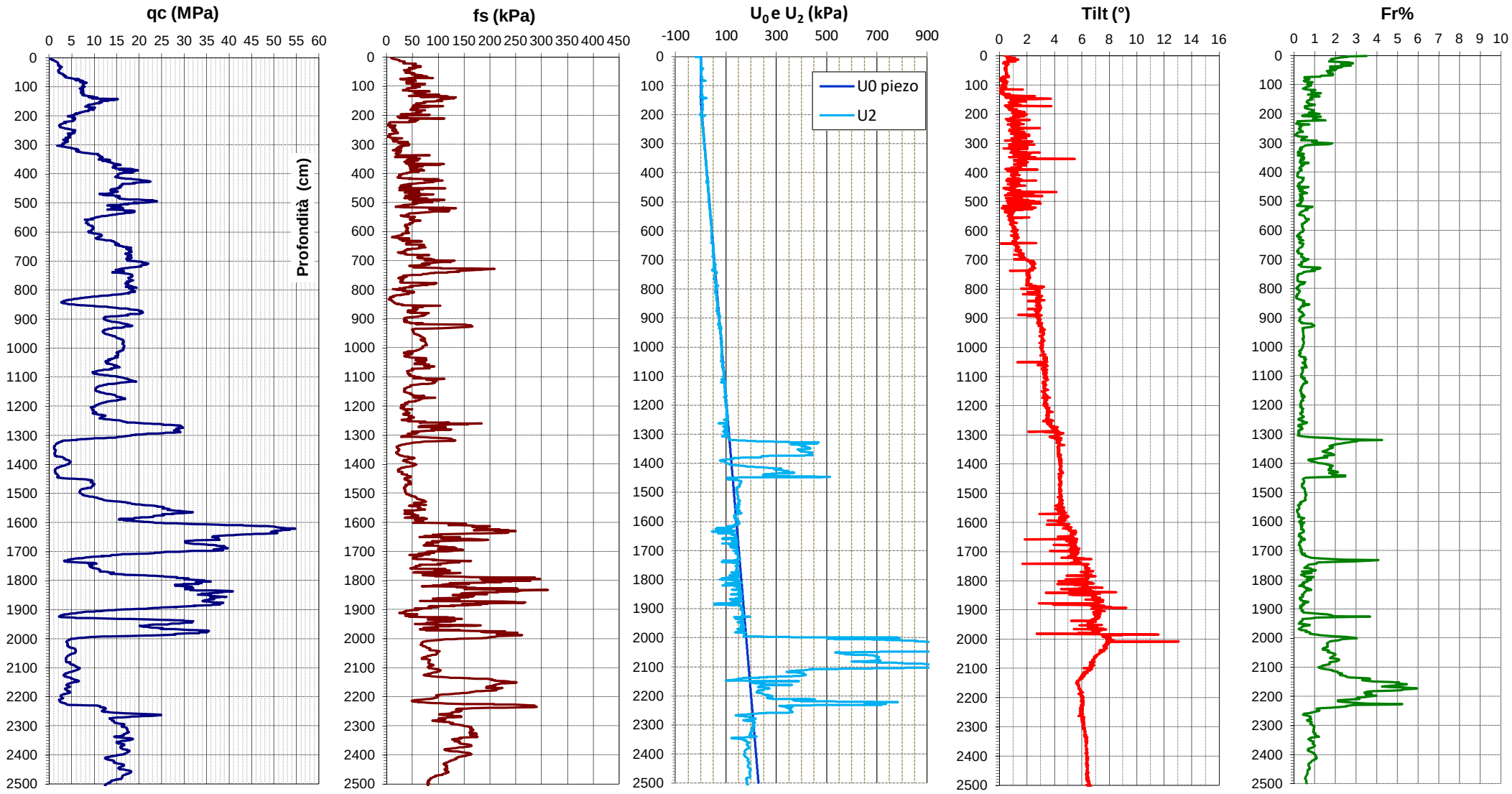


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 7	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	



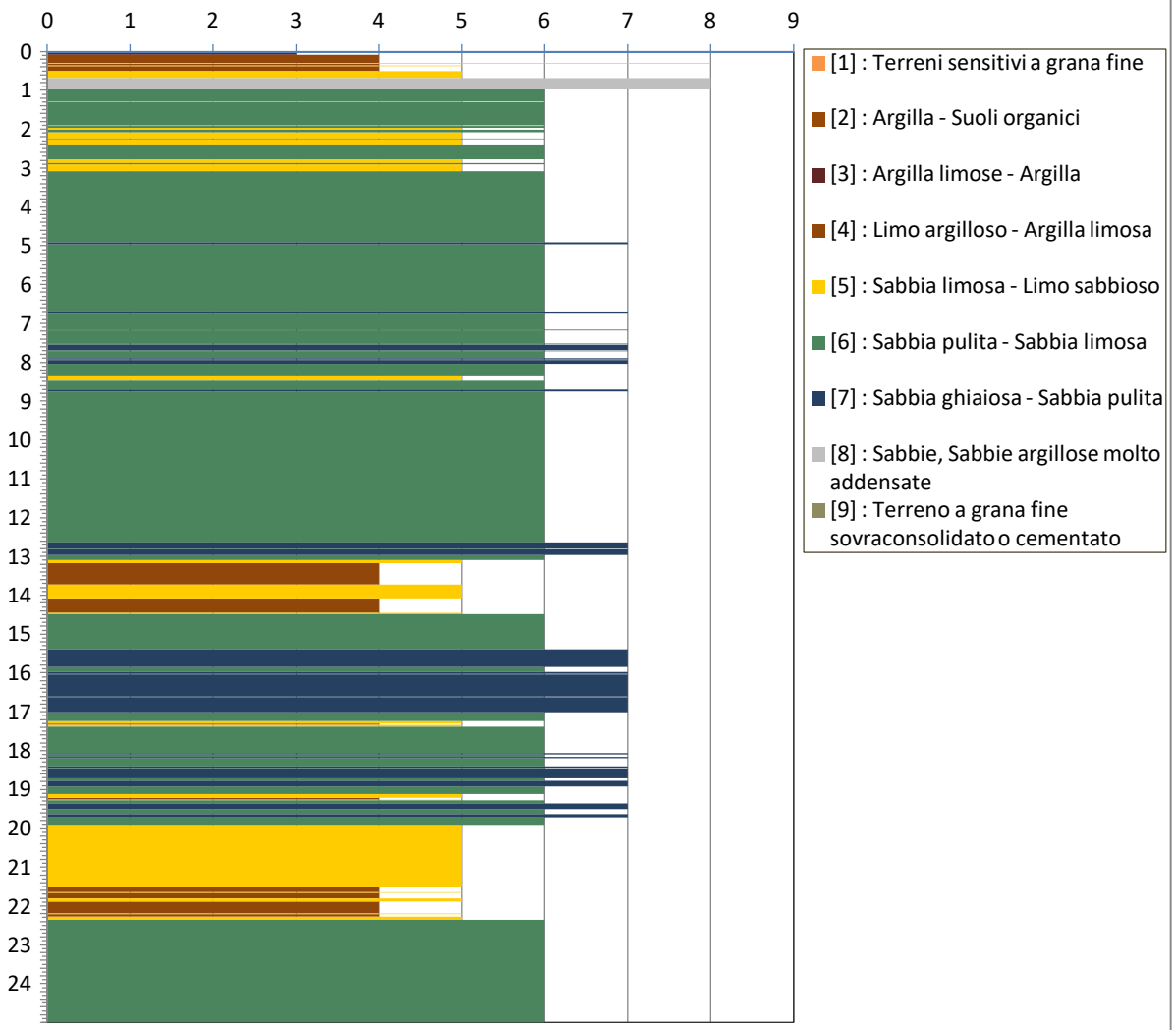
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

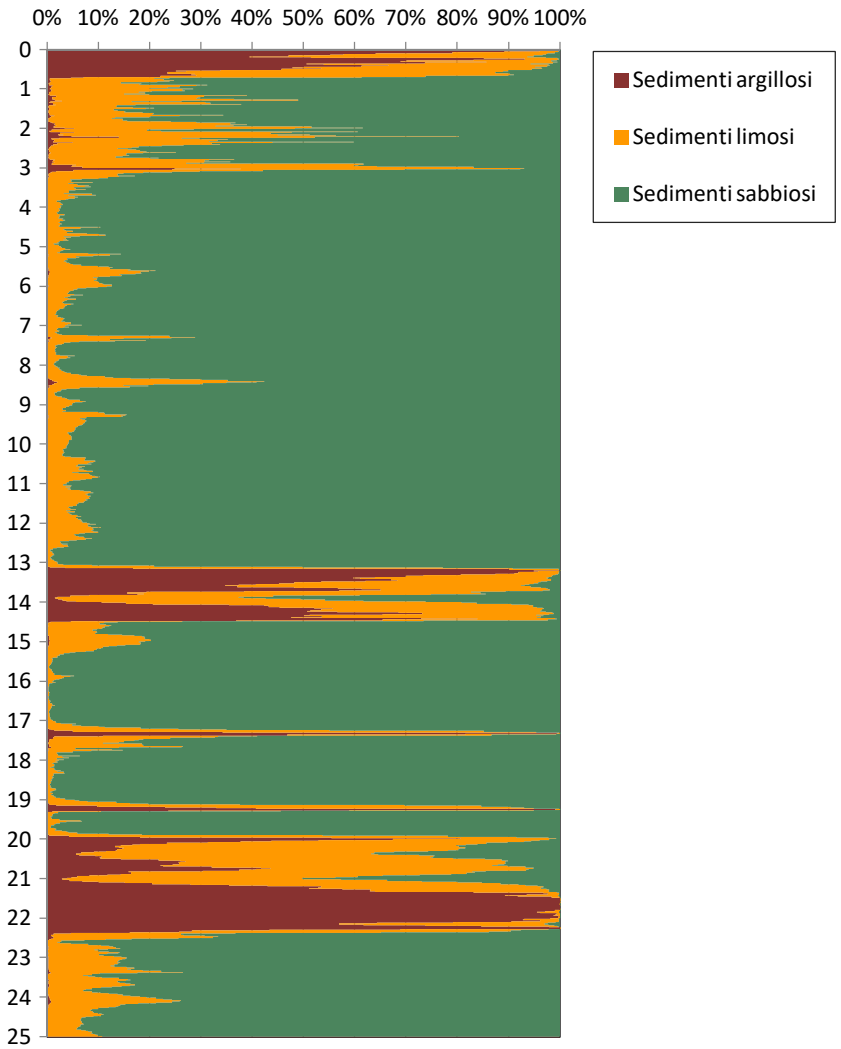
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 7	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.60	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	2 gennaio 2024	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

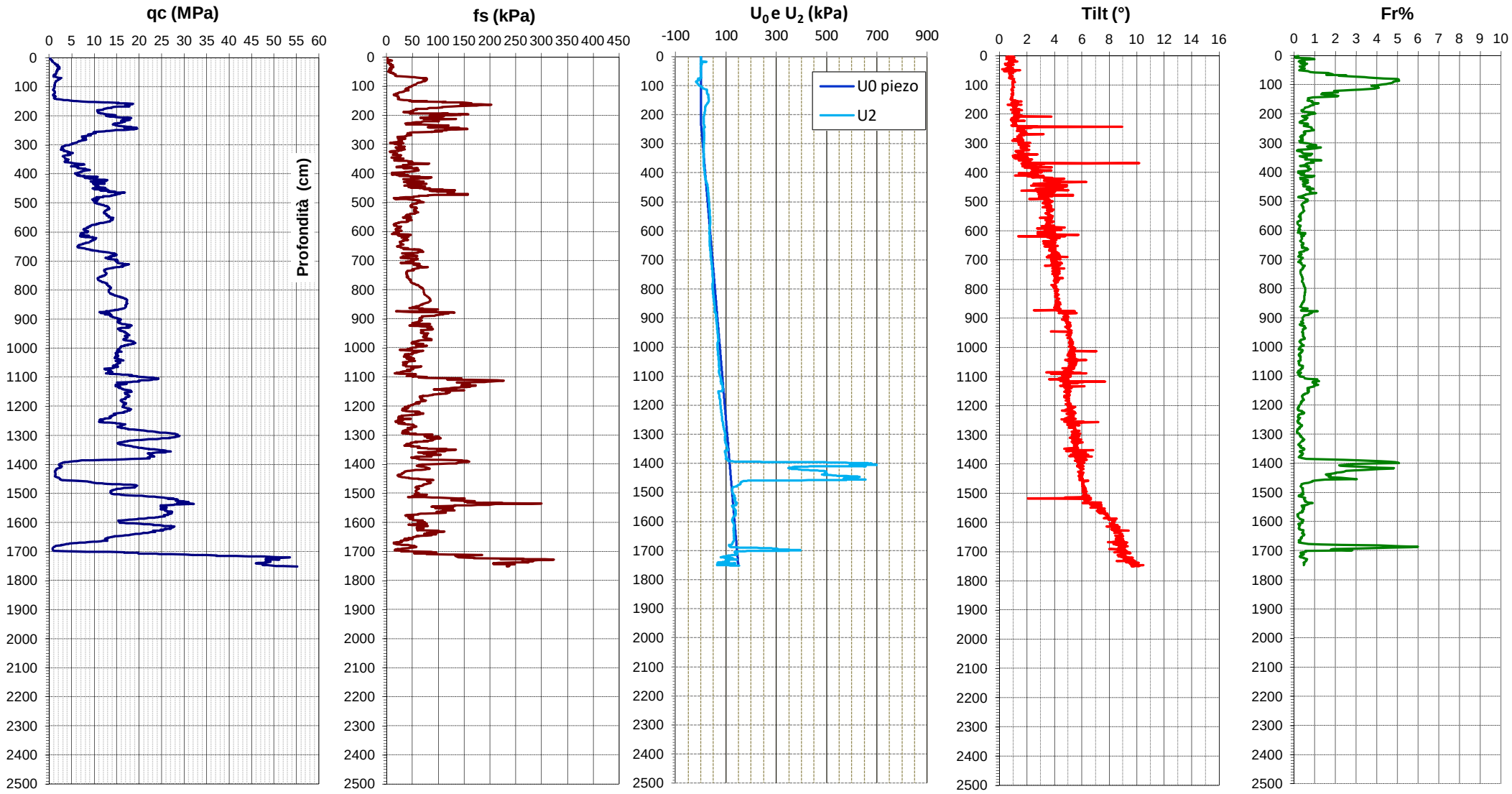


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 8	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.30	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	



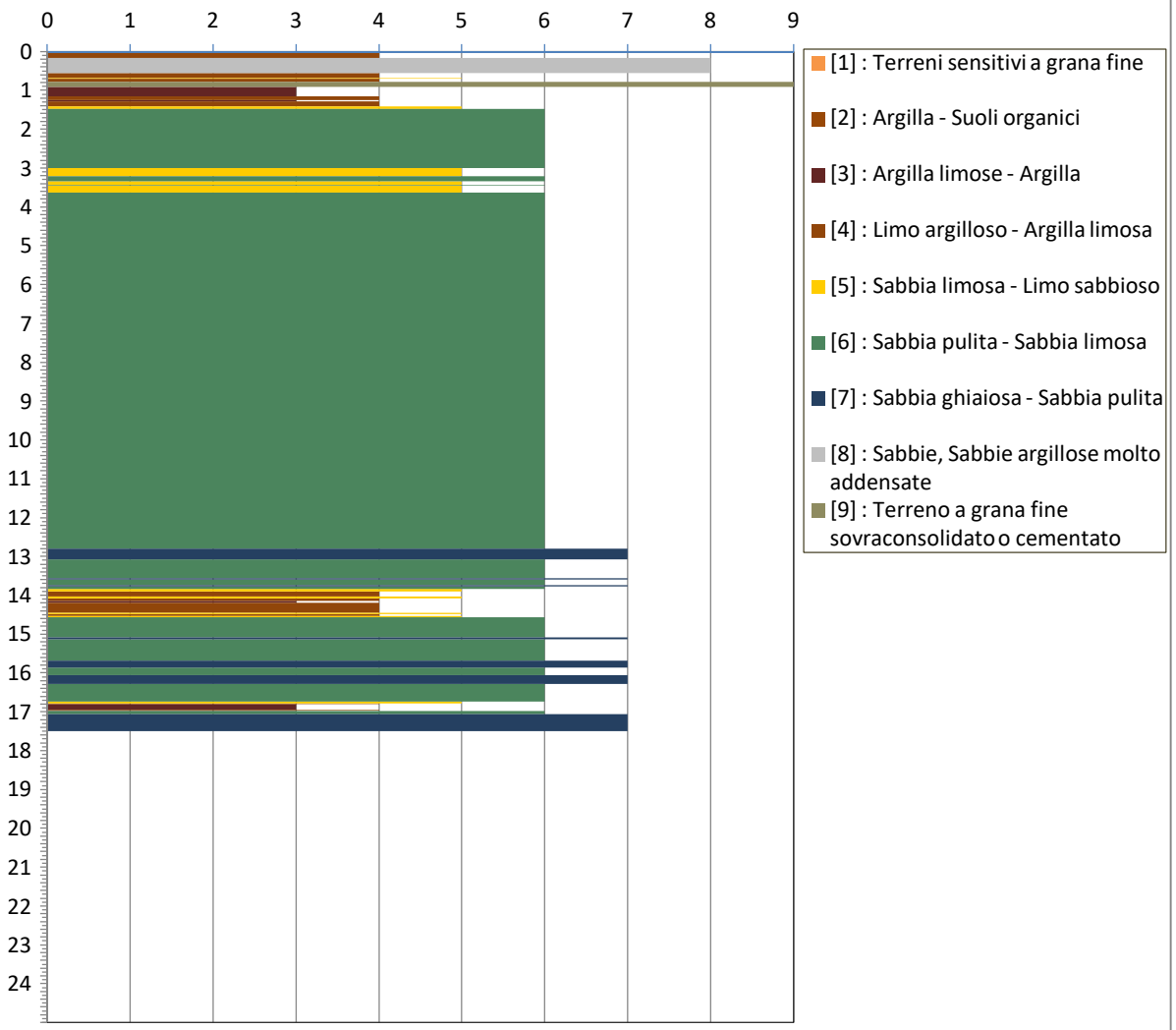
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

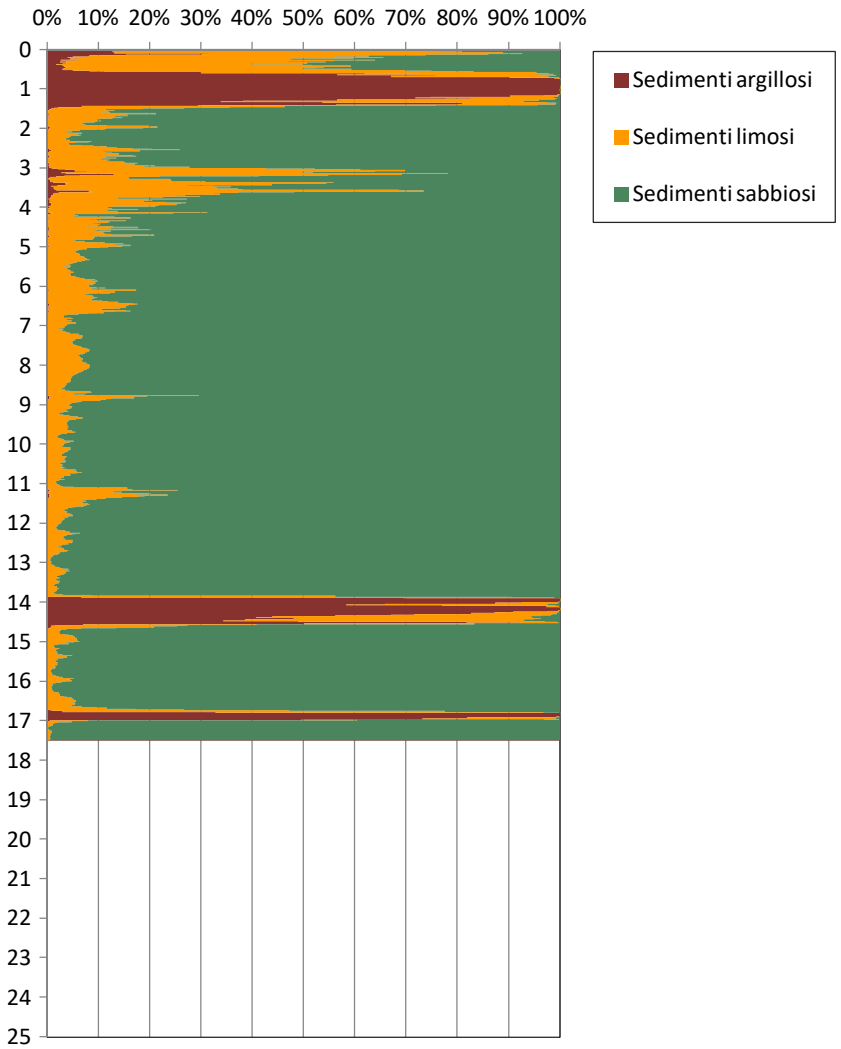
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 8	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.30	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

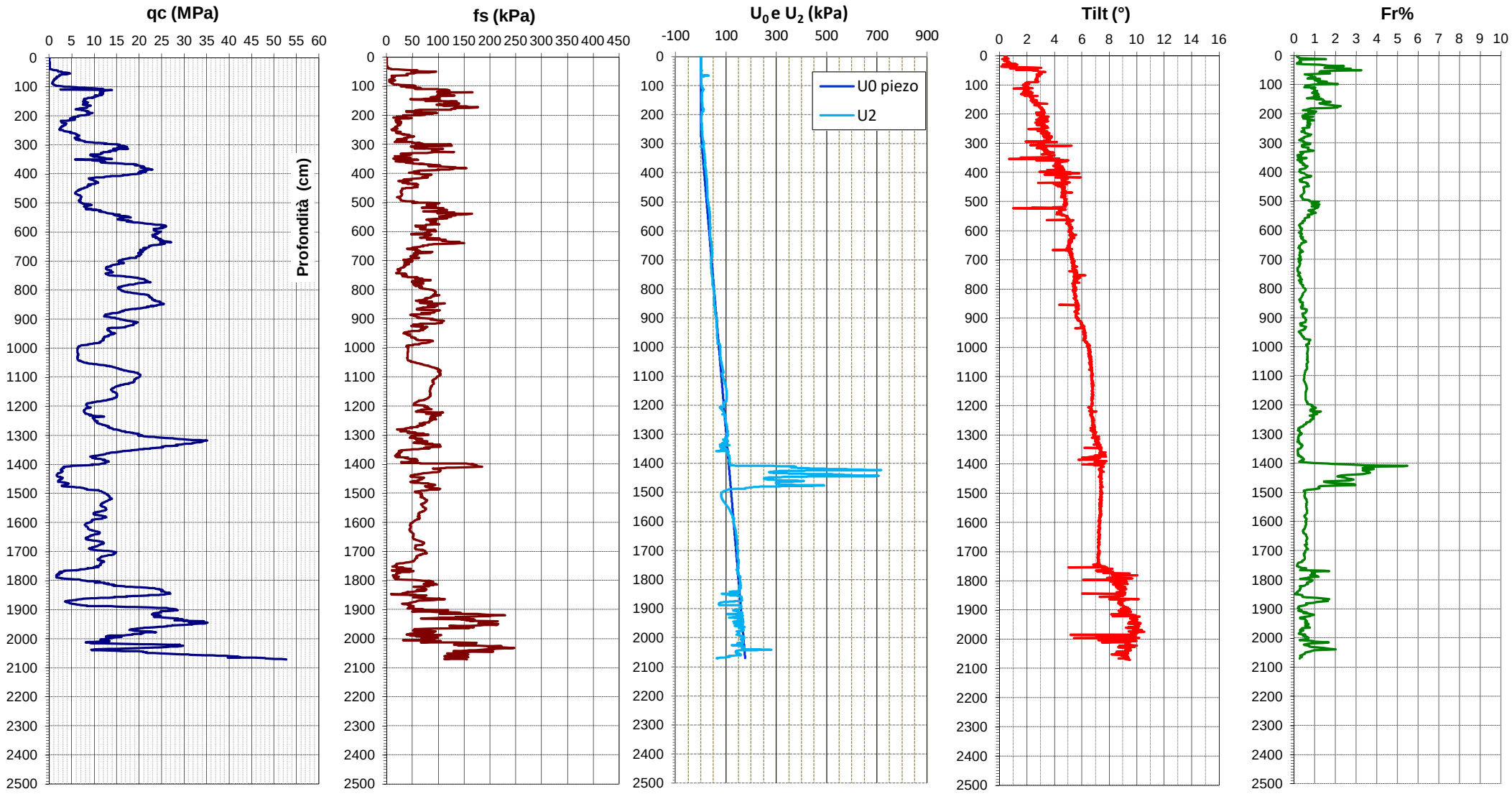


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 9	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	



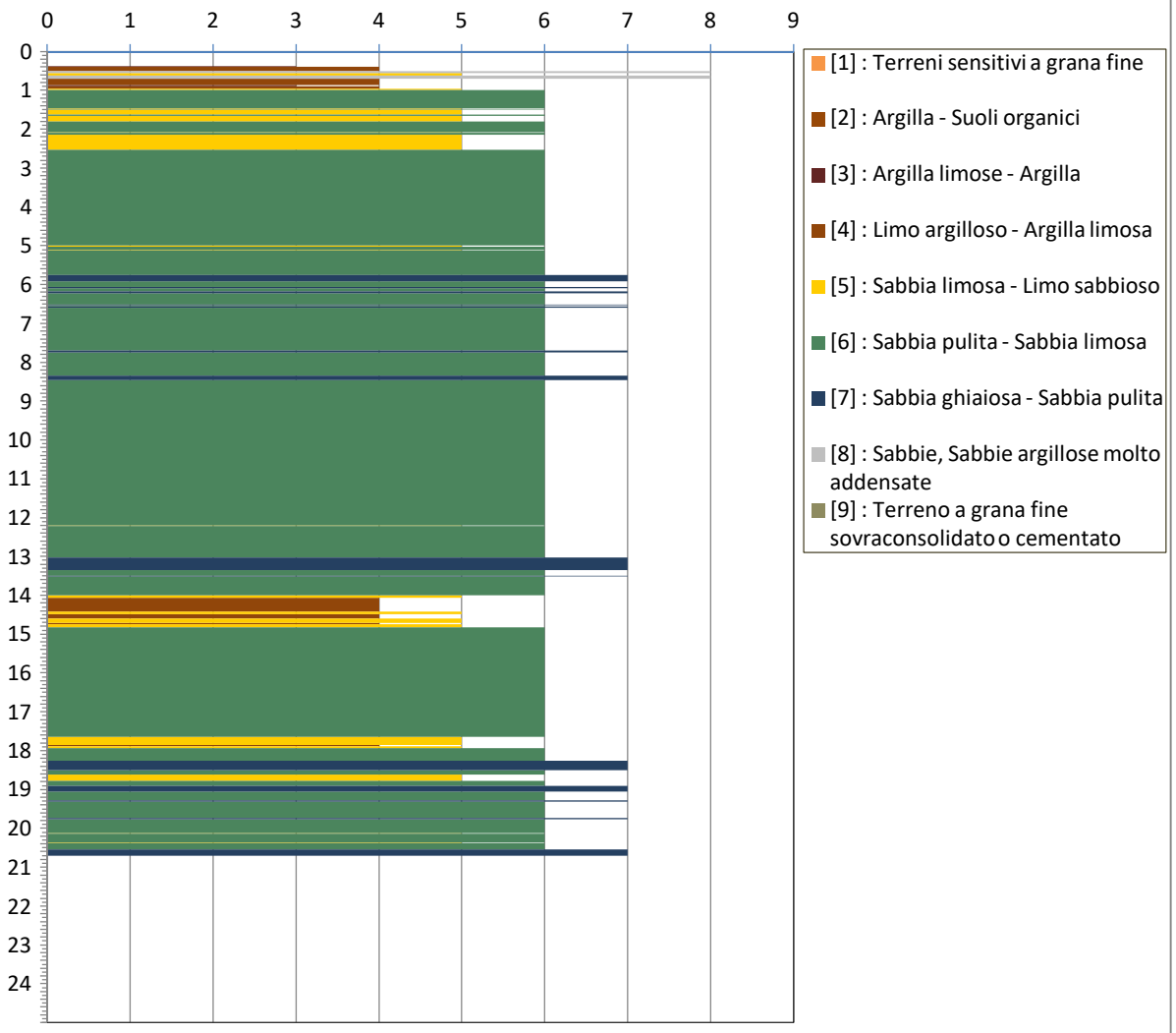
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

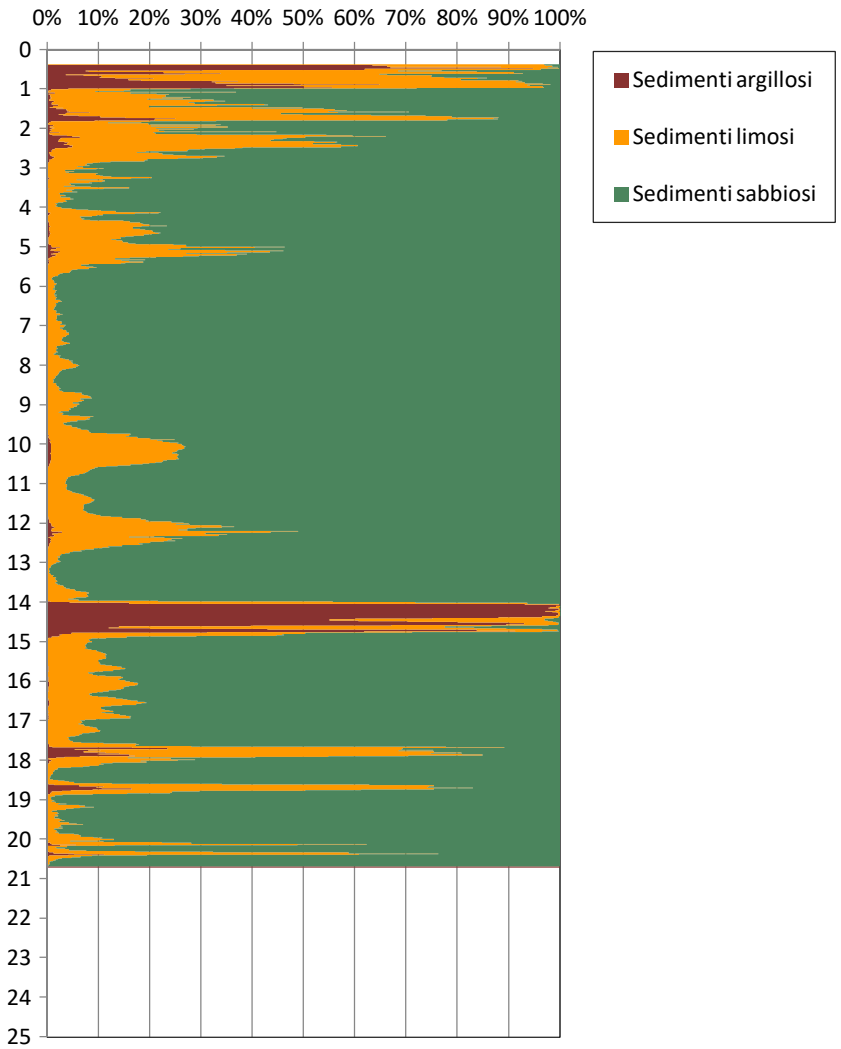
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 9	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

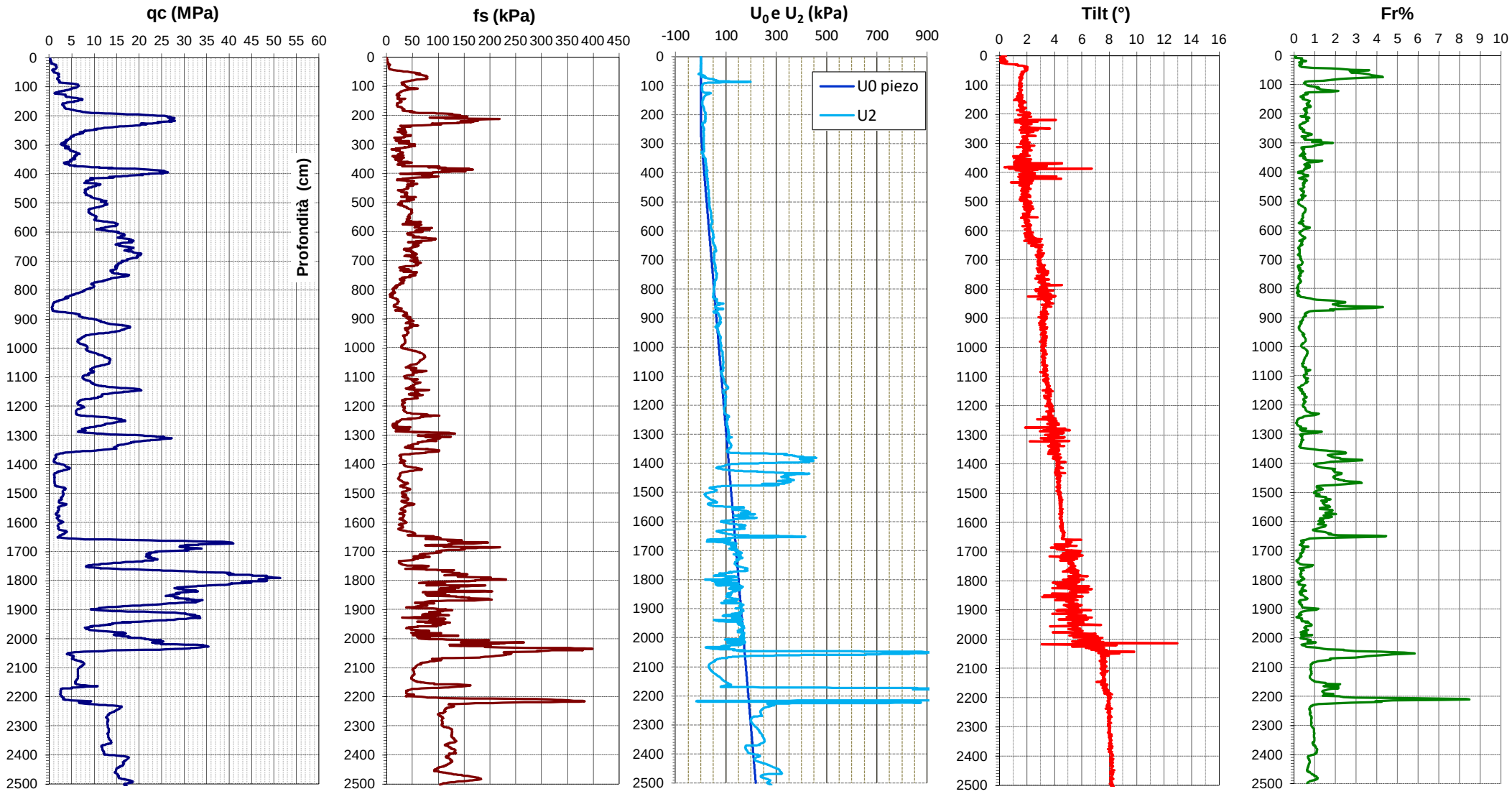


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 10	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	



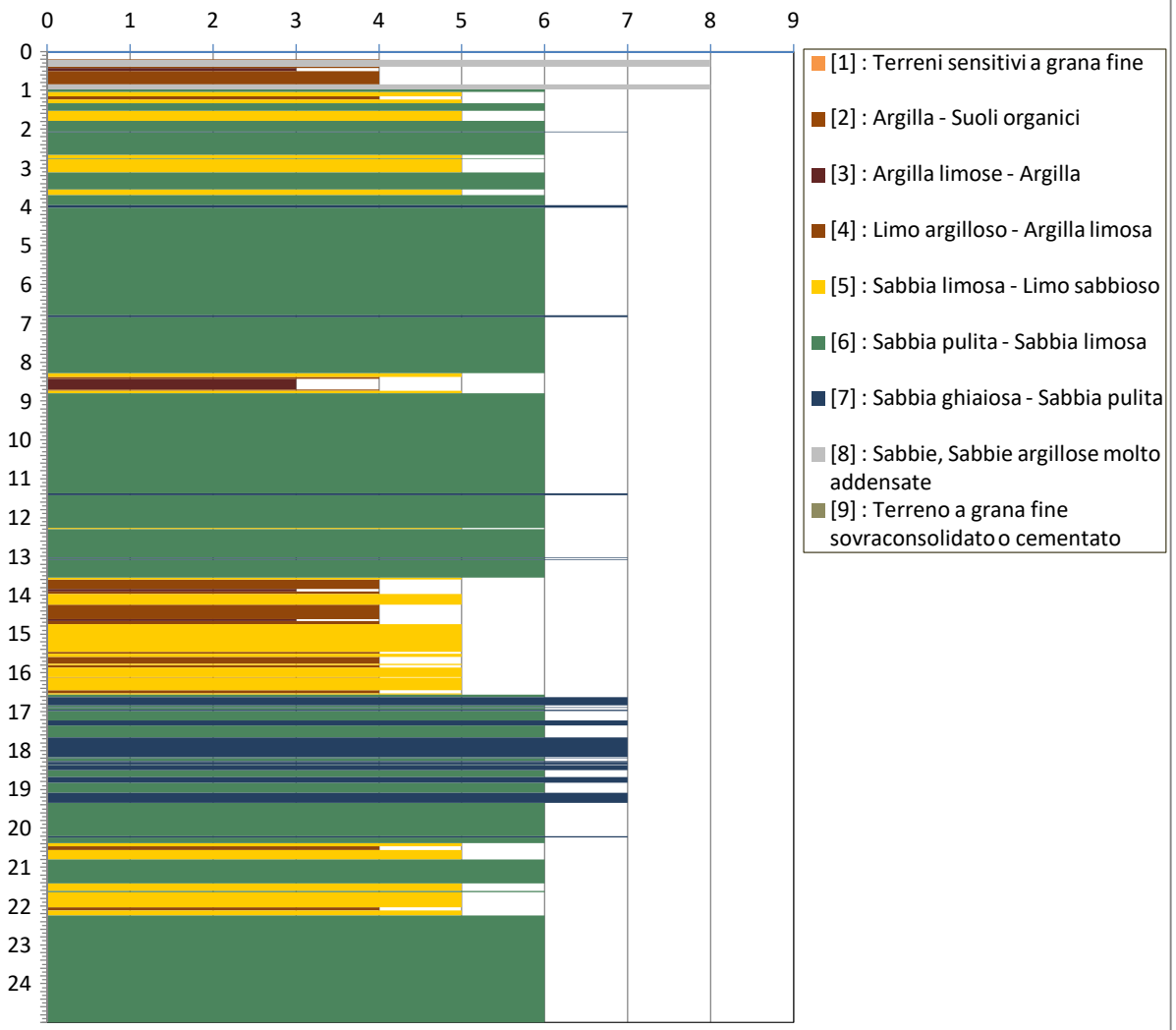
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

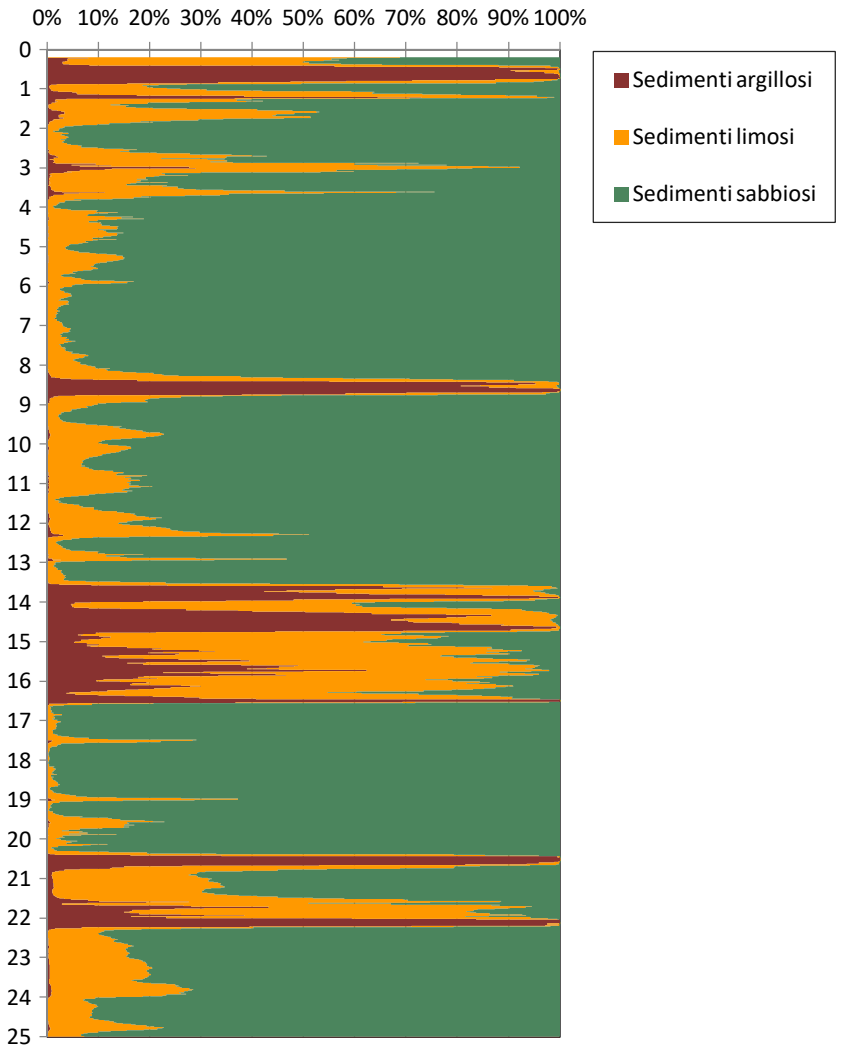
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 10	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

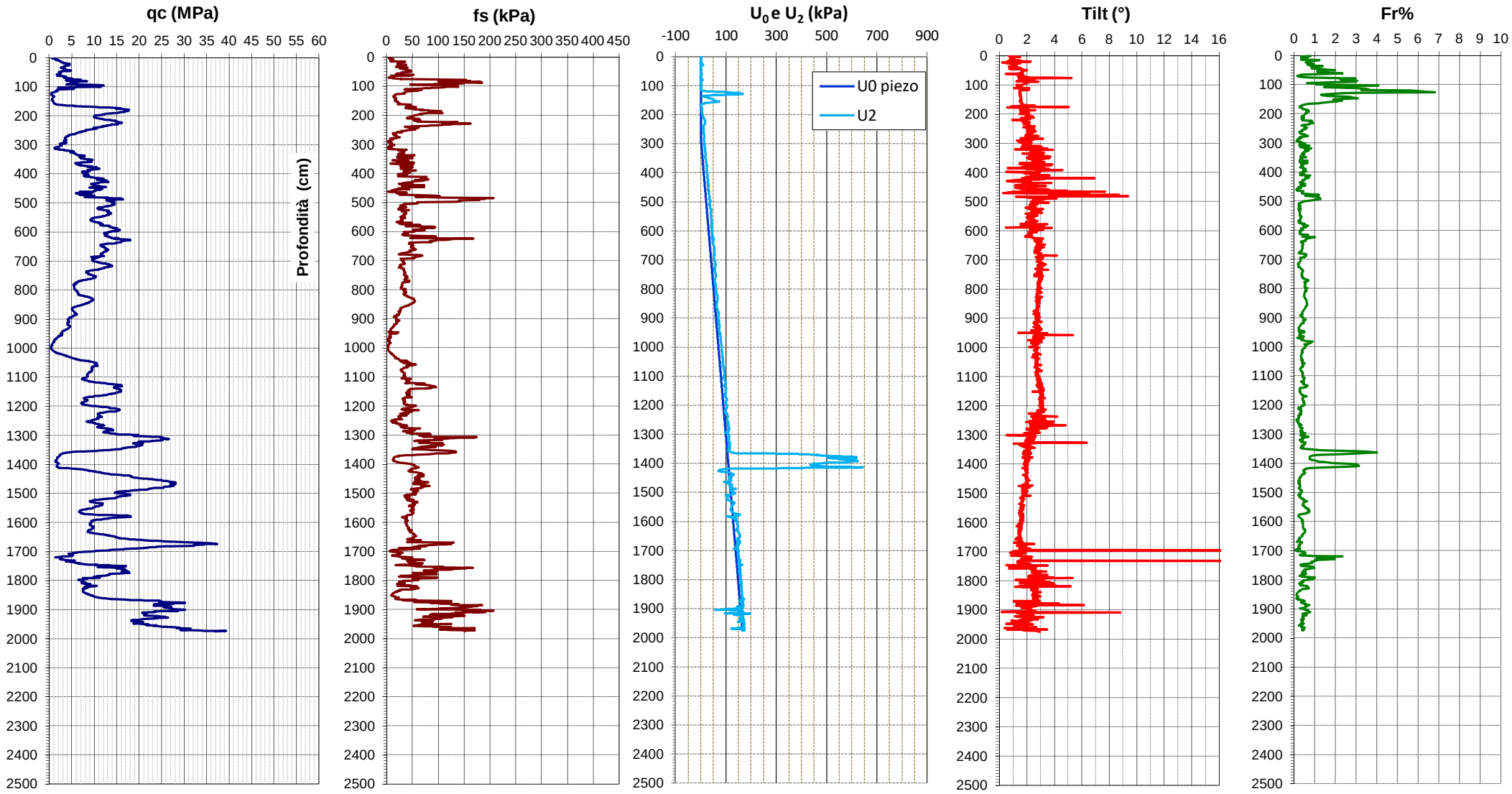


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 11	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.90	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	



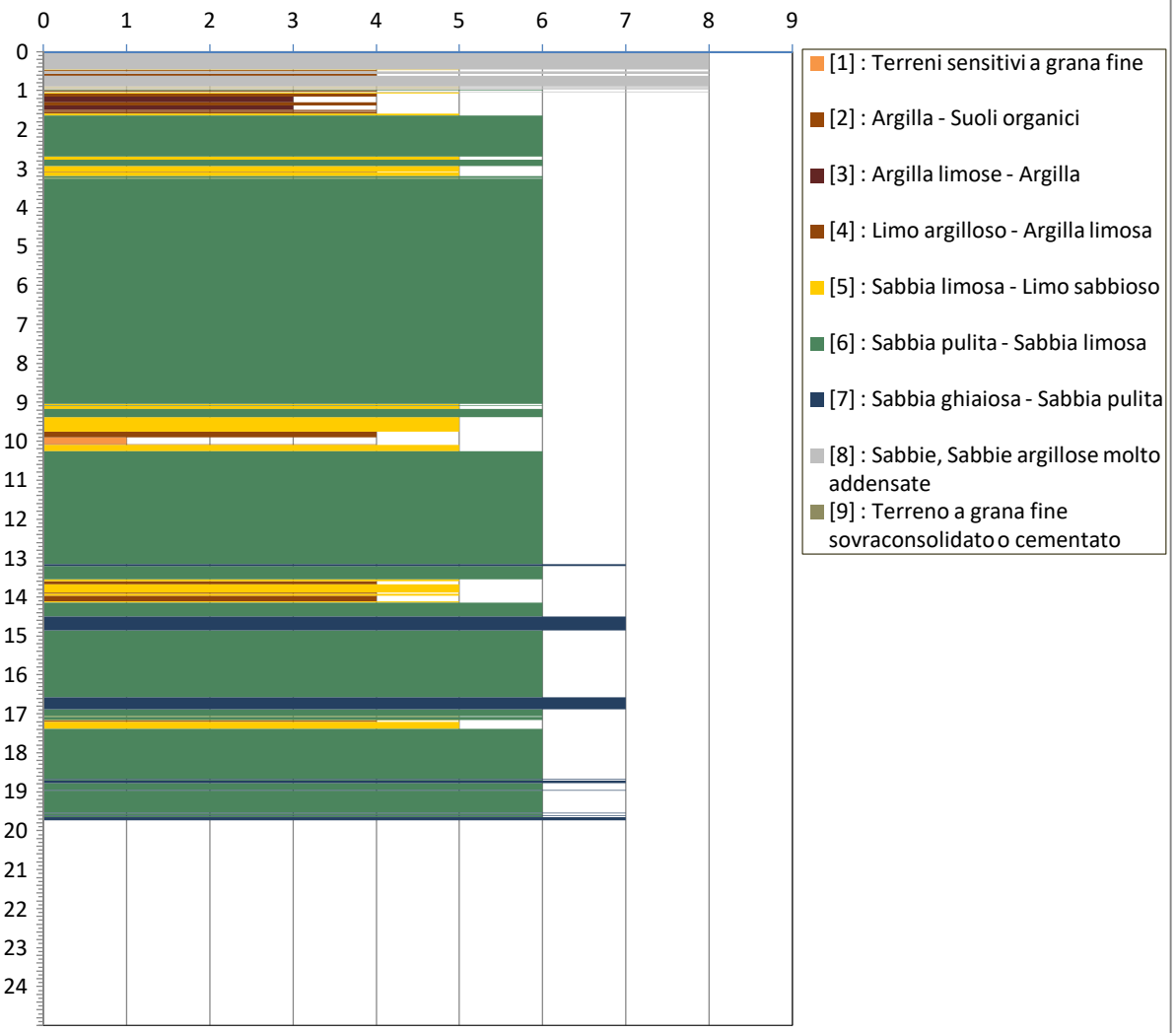
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

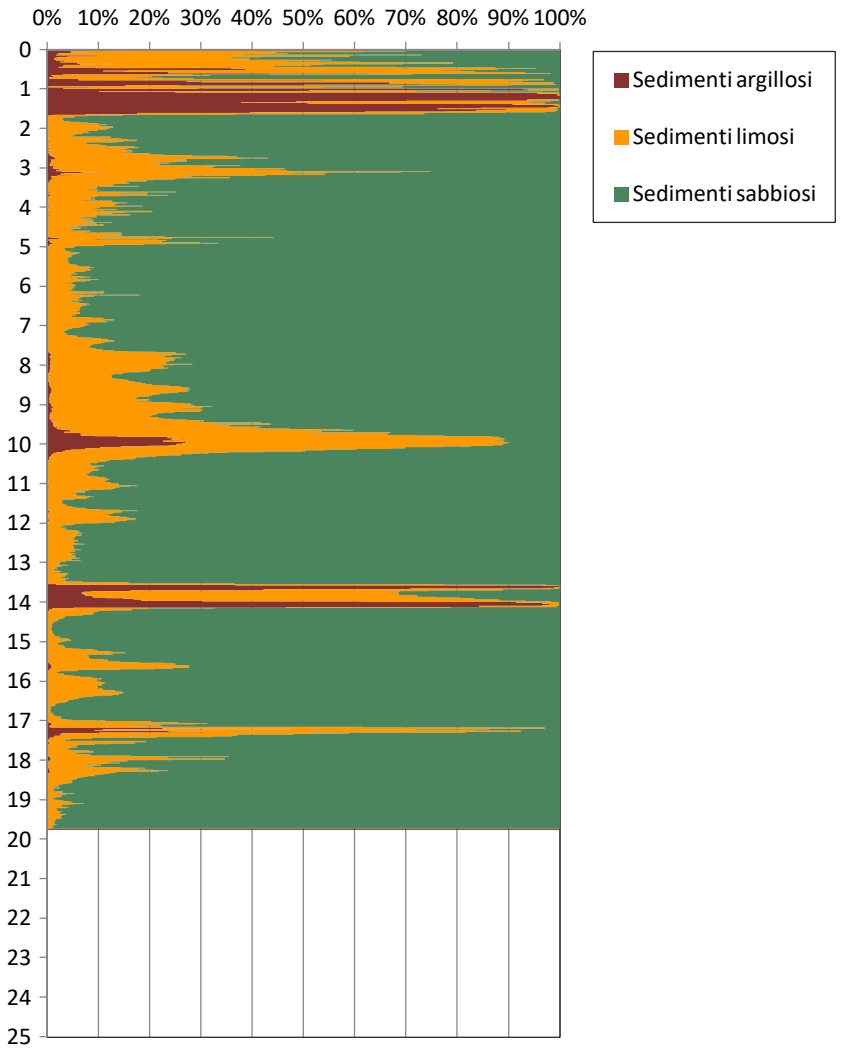
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 11	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.90	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

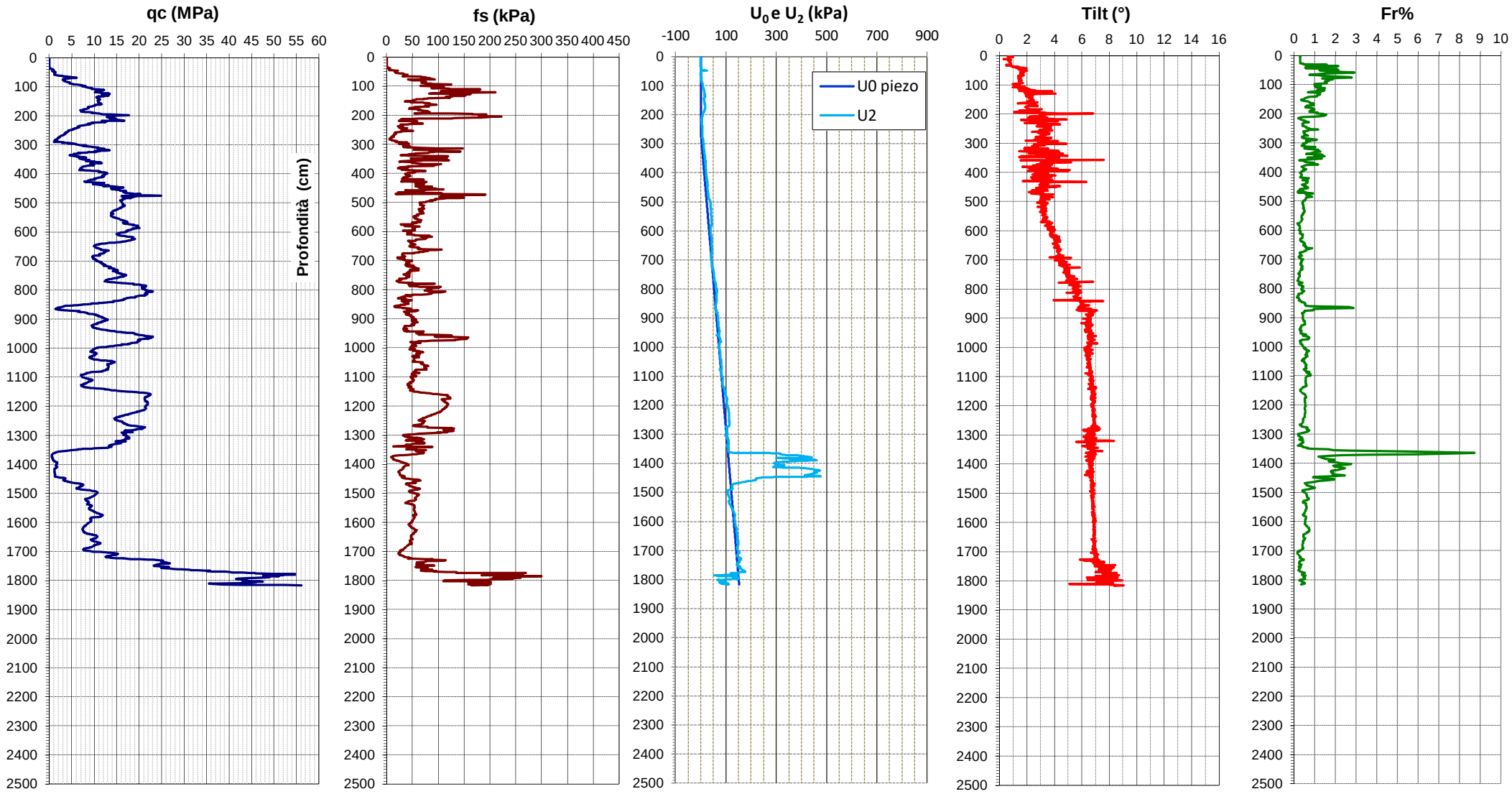


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 12	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	



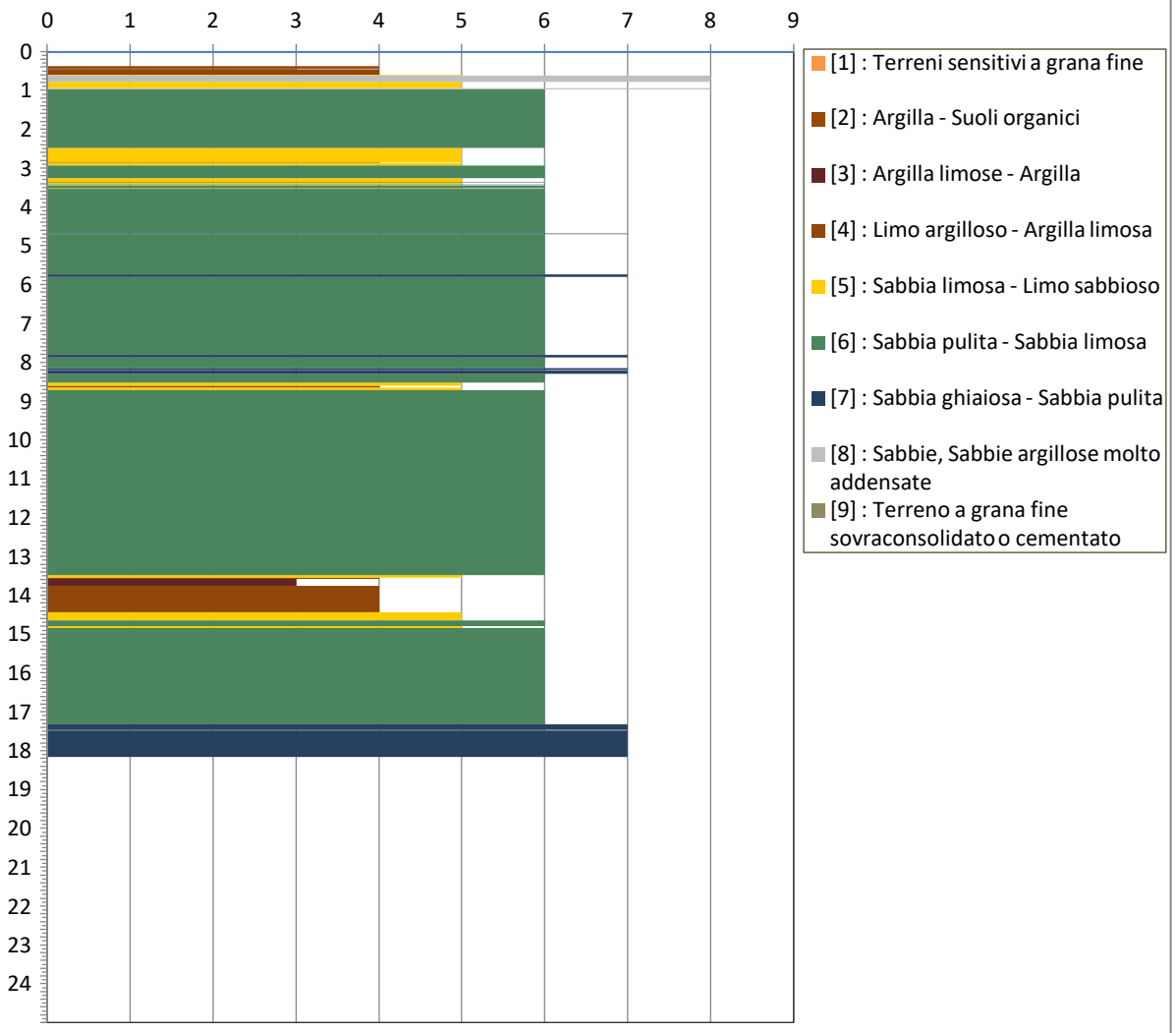
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

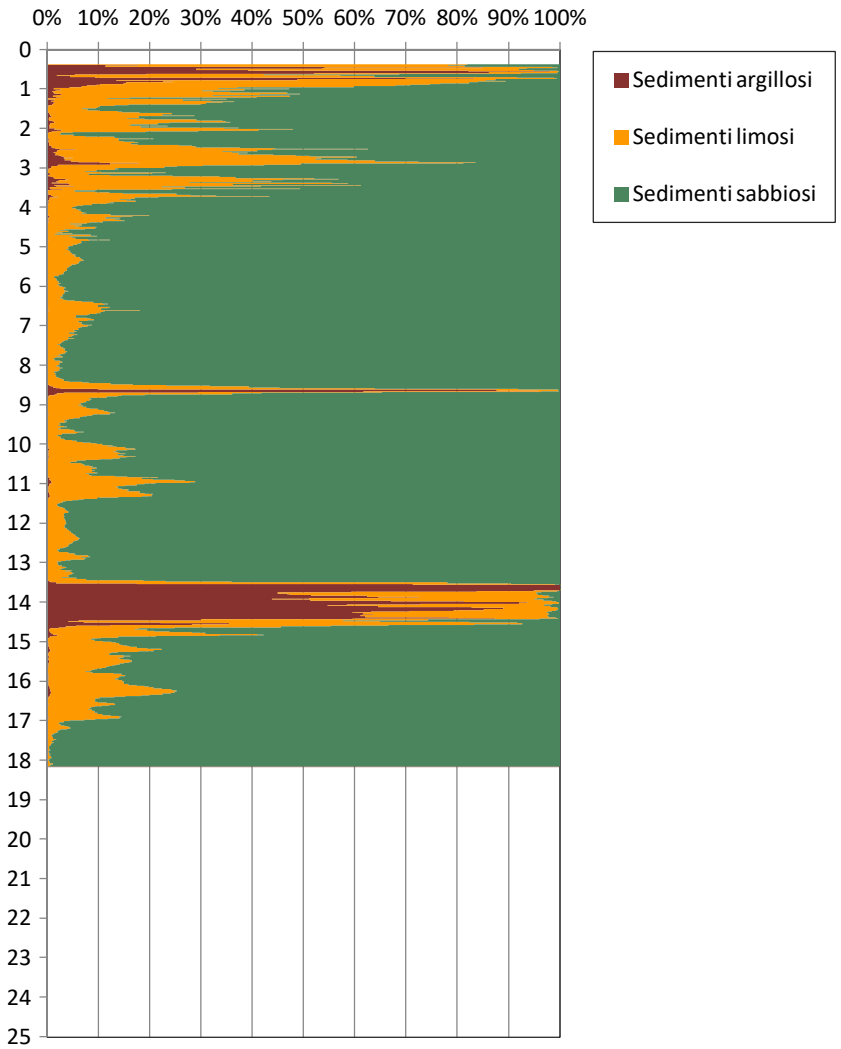
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 12	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

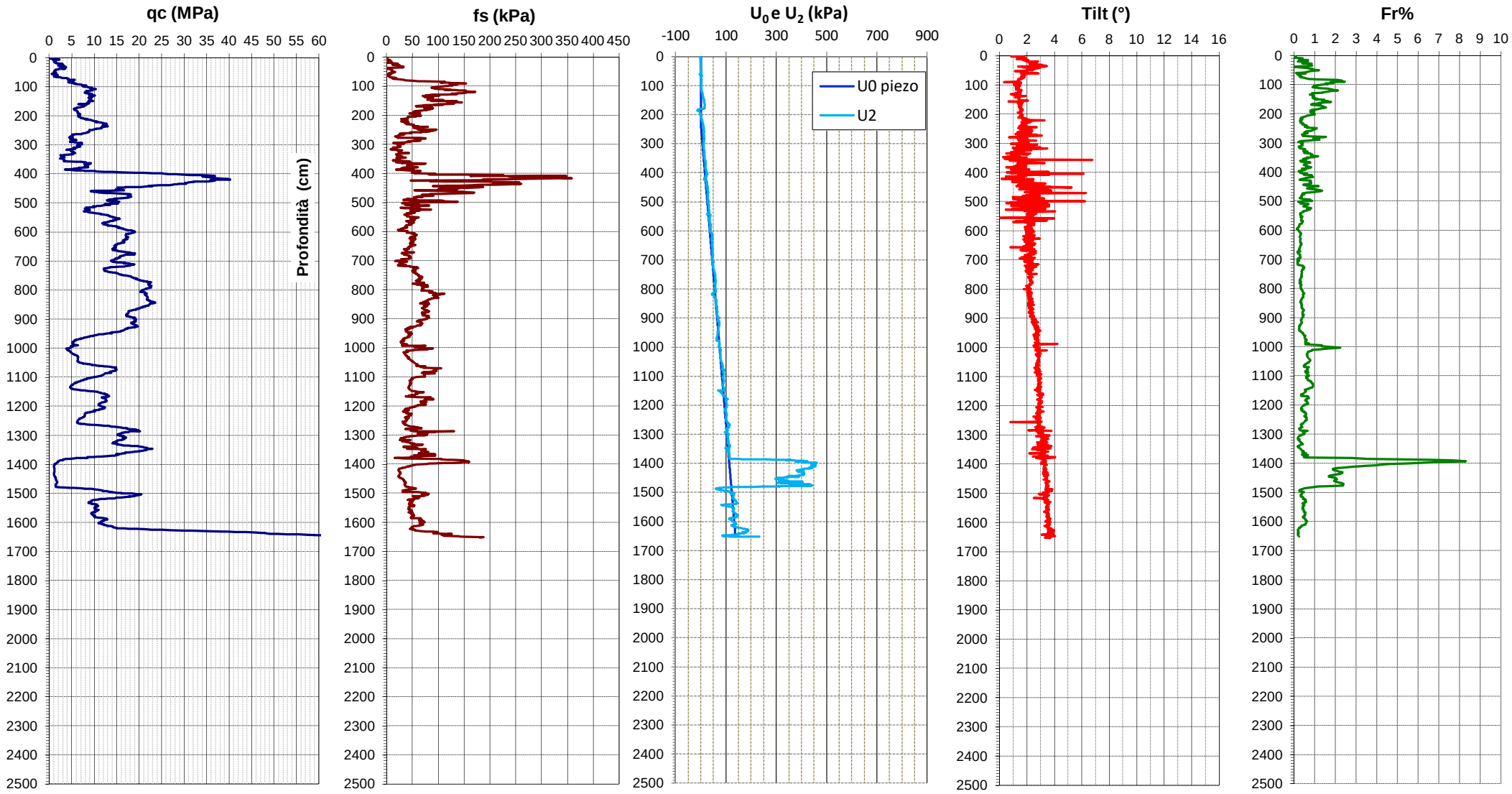


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 13	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	



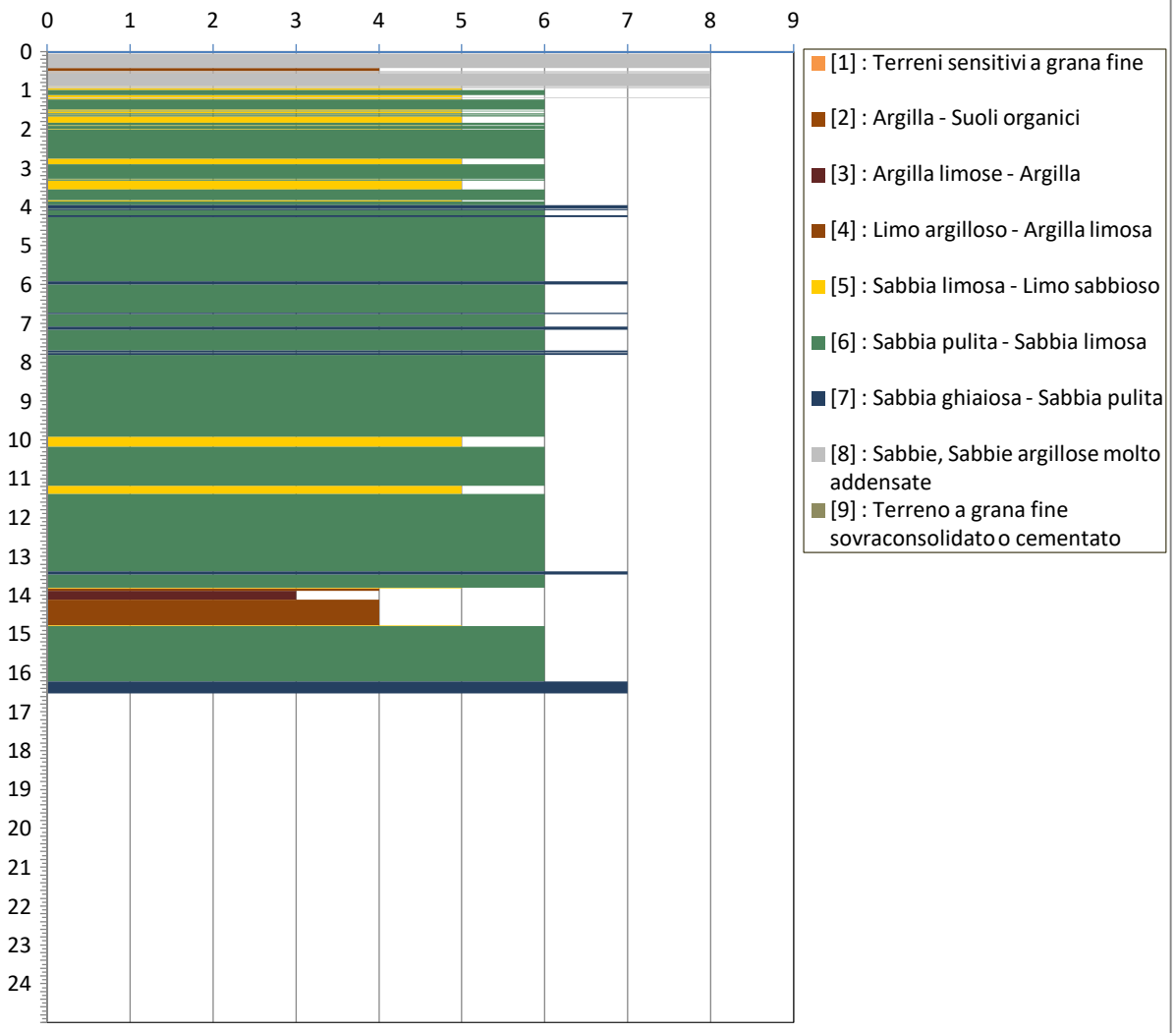
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

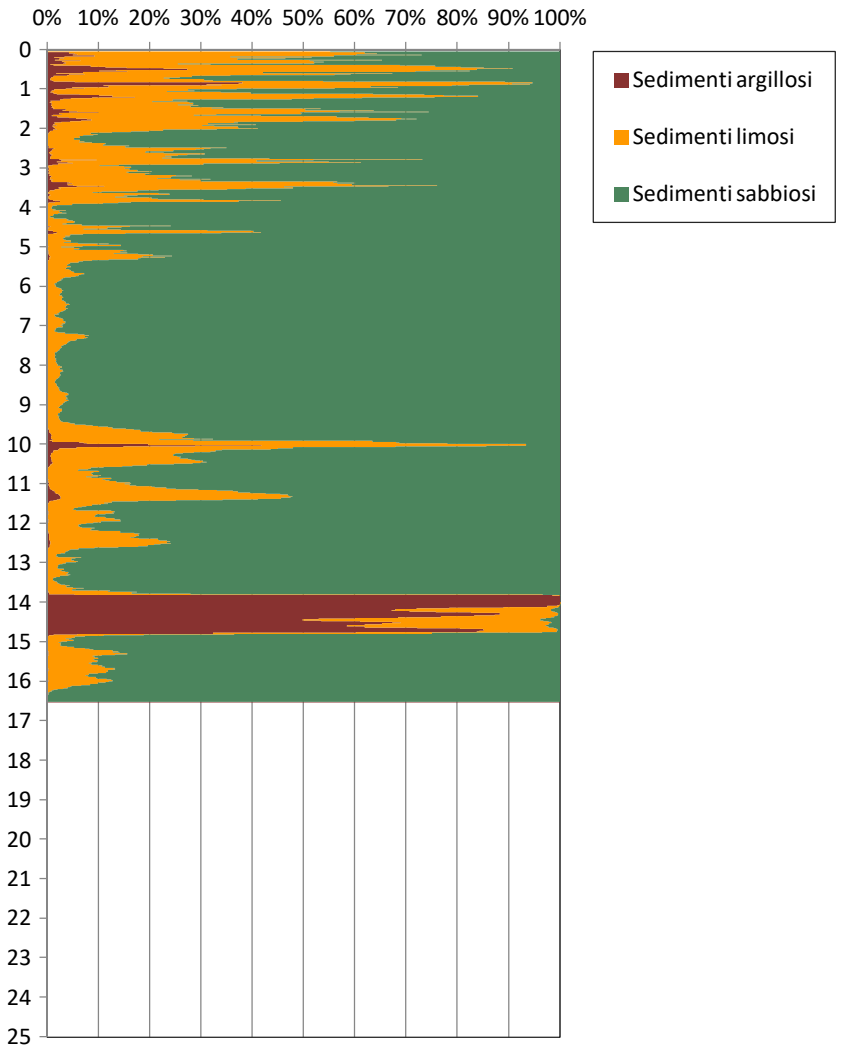
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 13	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

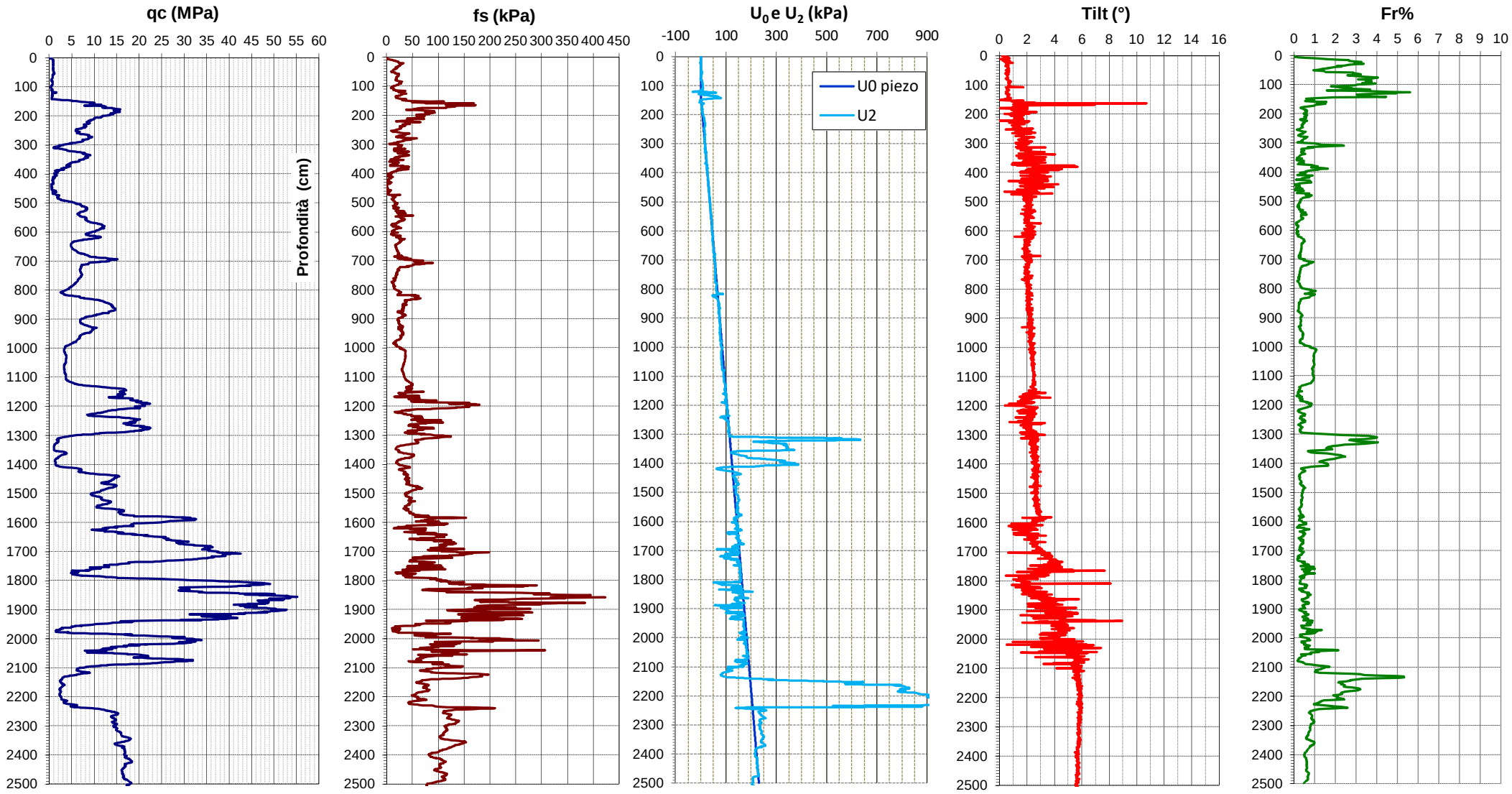


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 14	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	



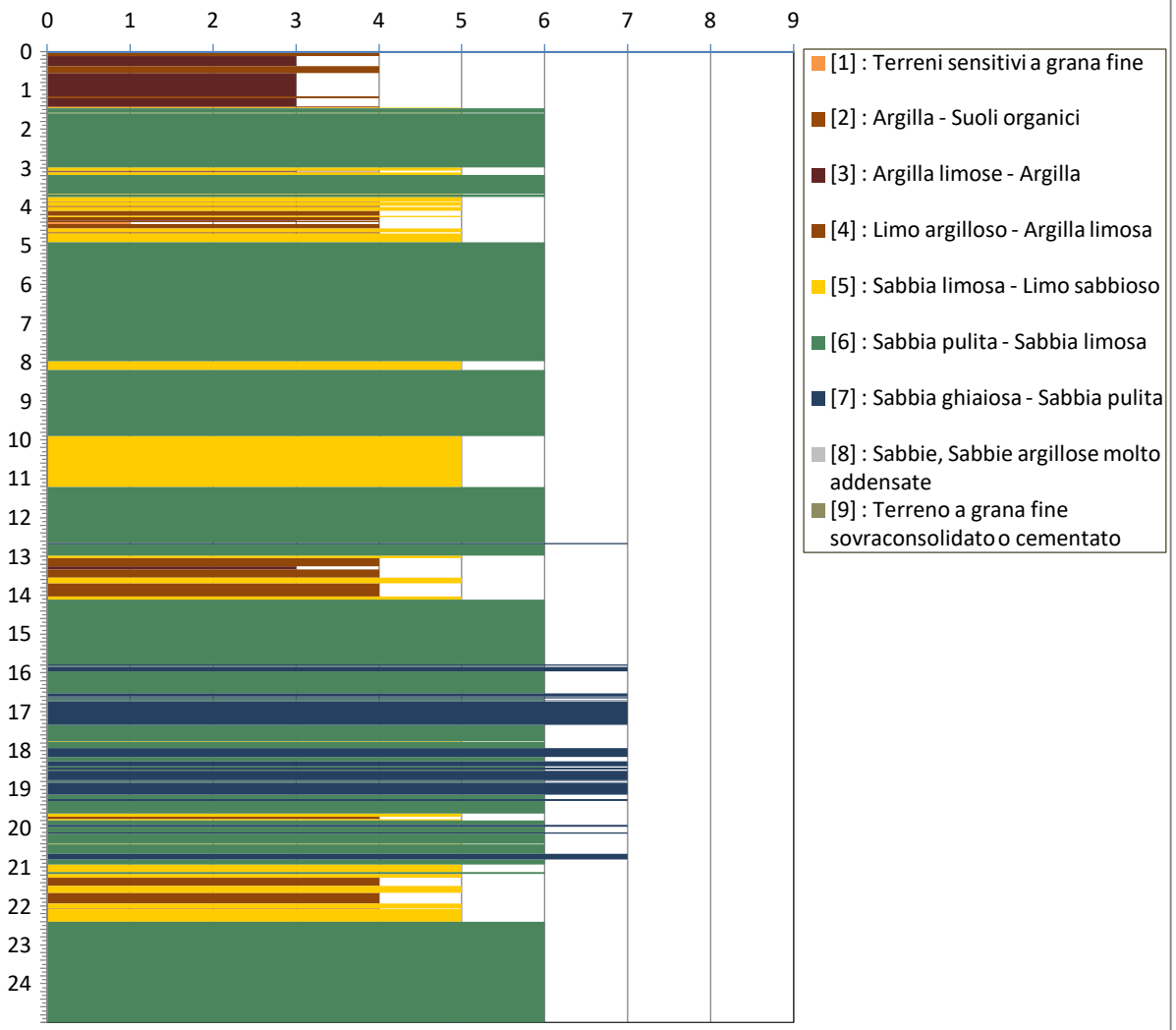
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

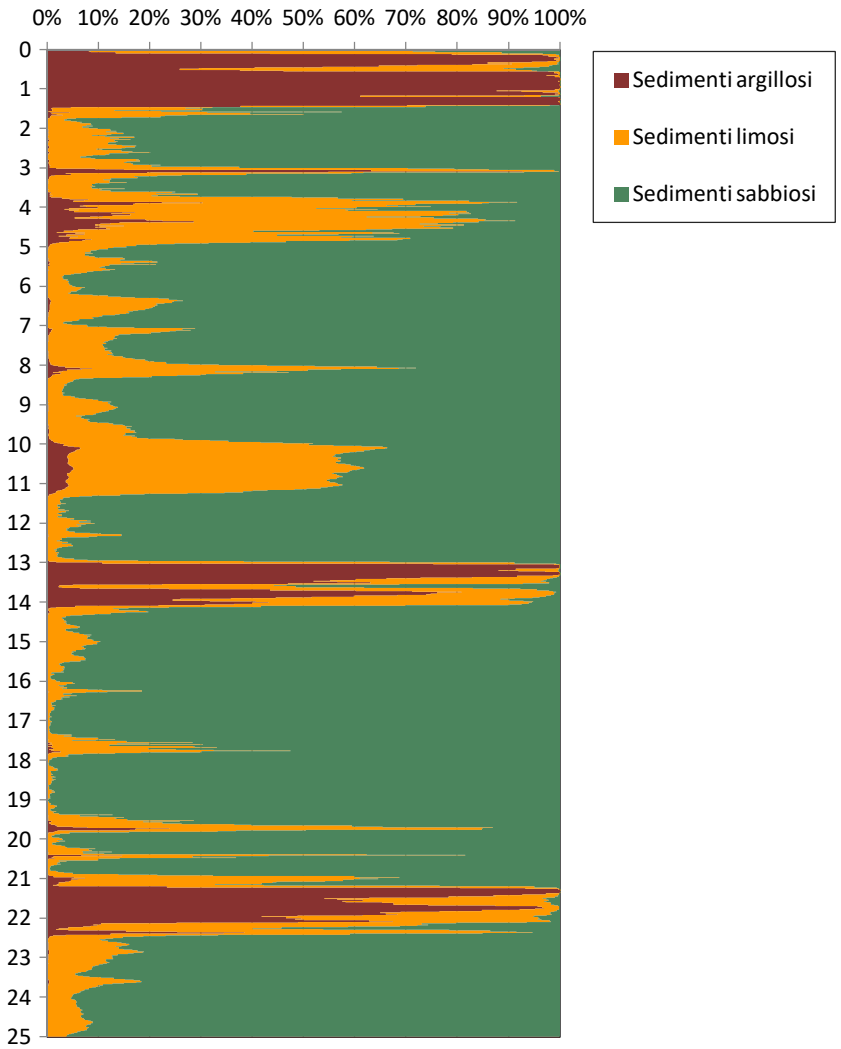
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 14	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	1.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	29 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

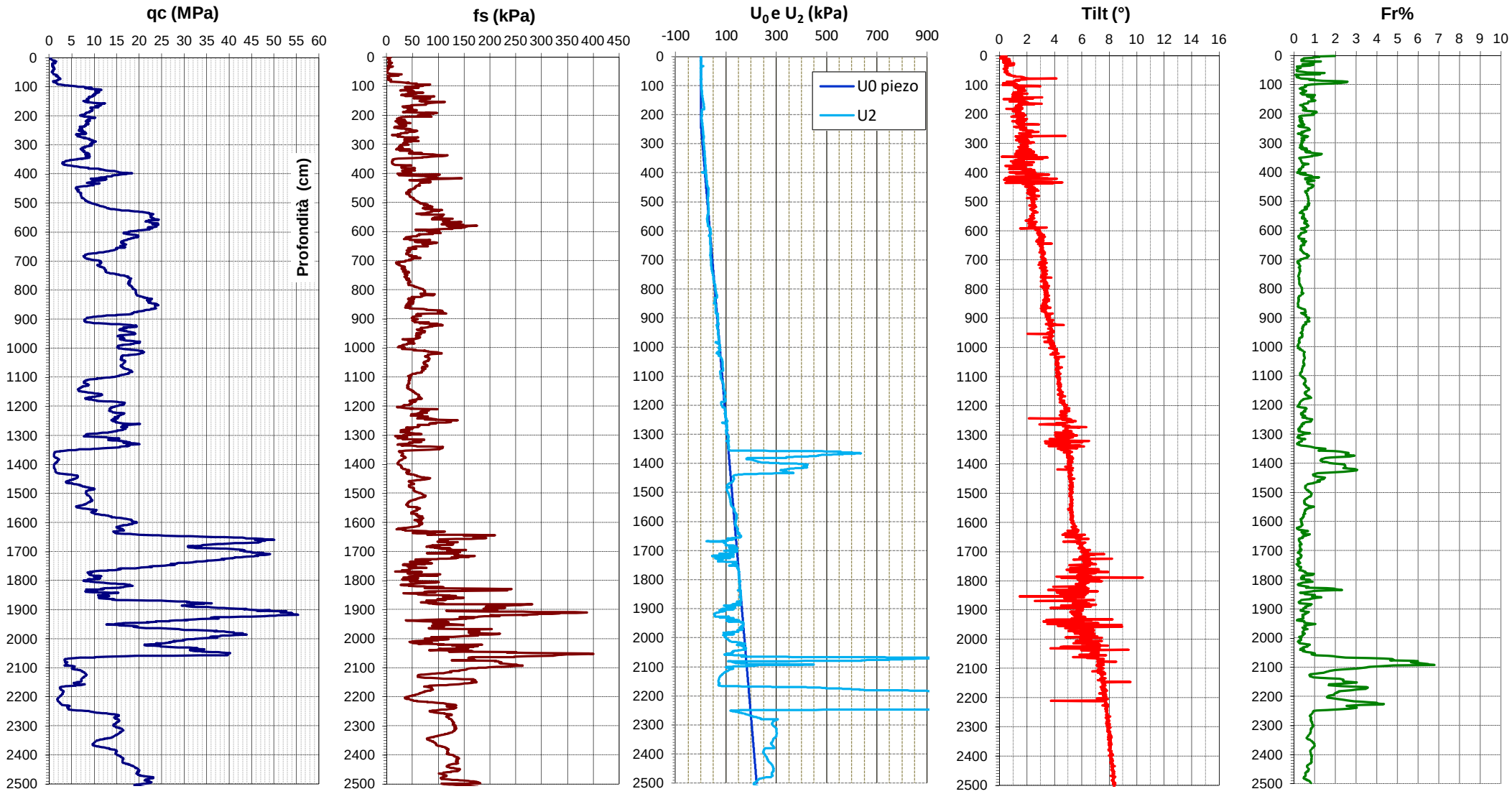


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 15	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	



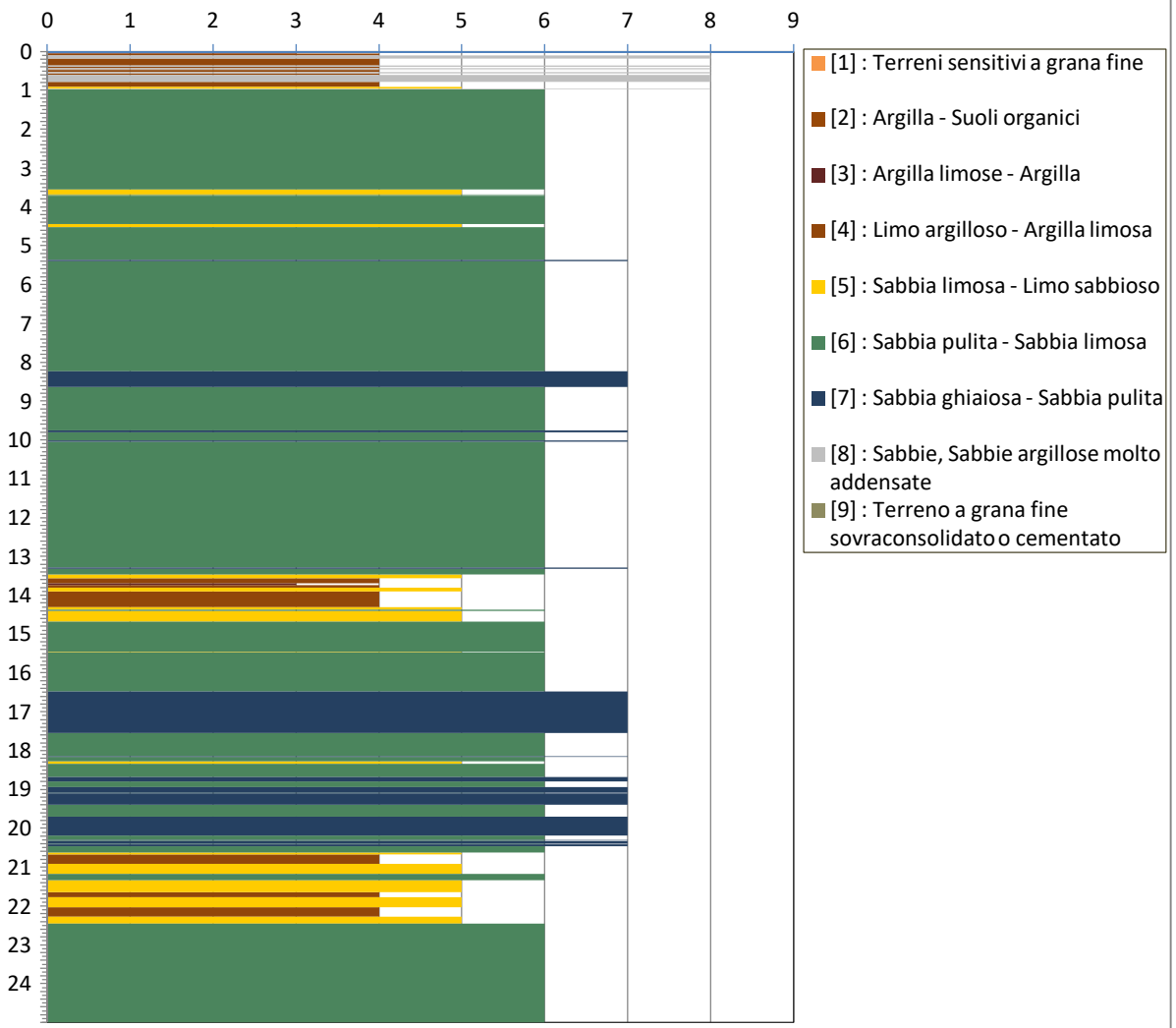
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

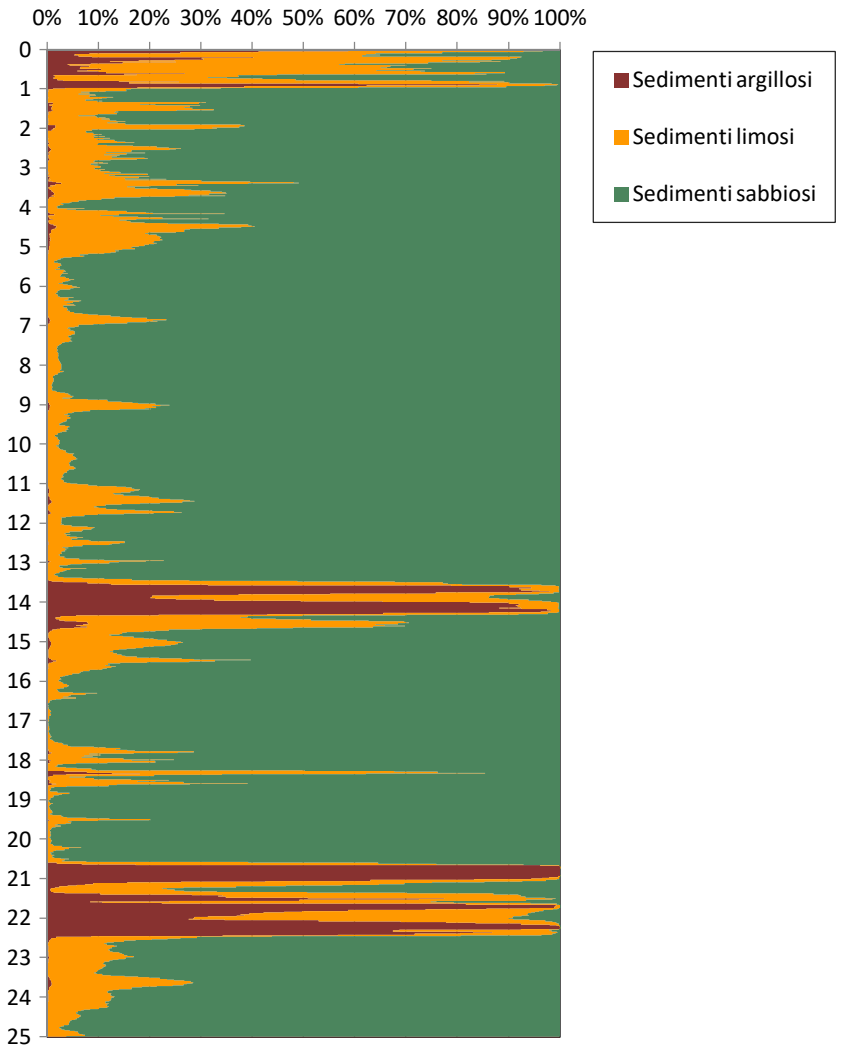
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 15	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	27 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

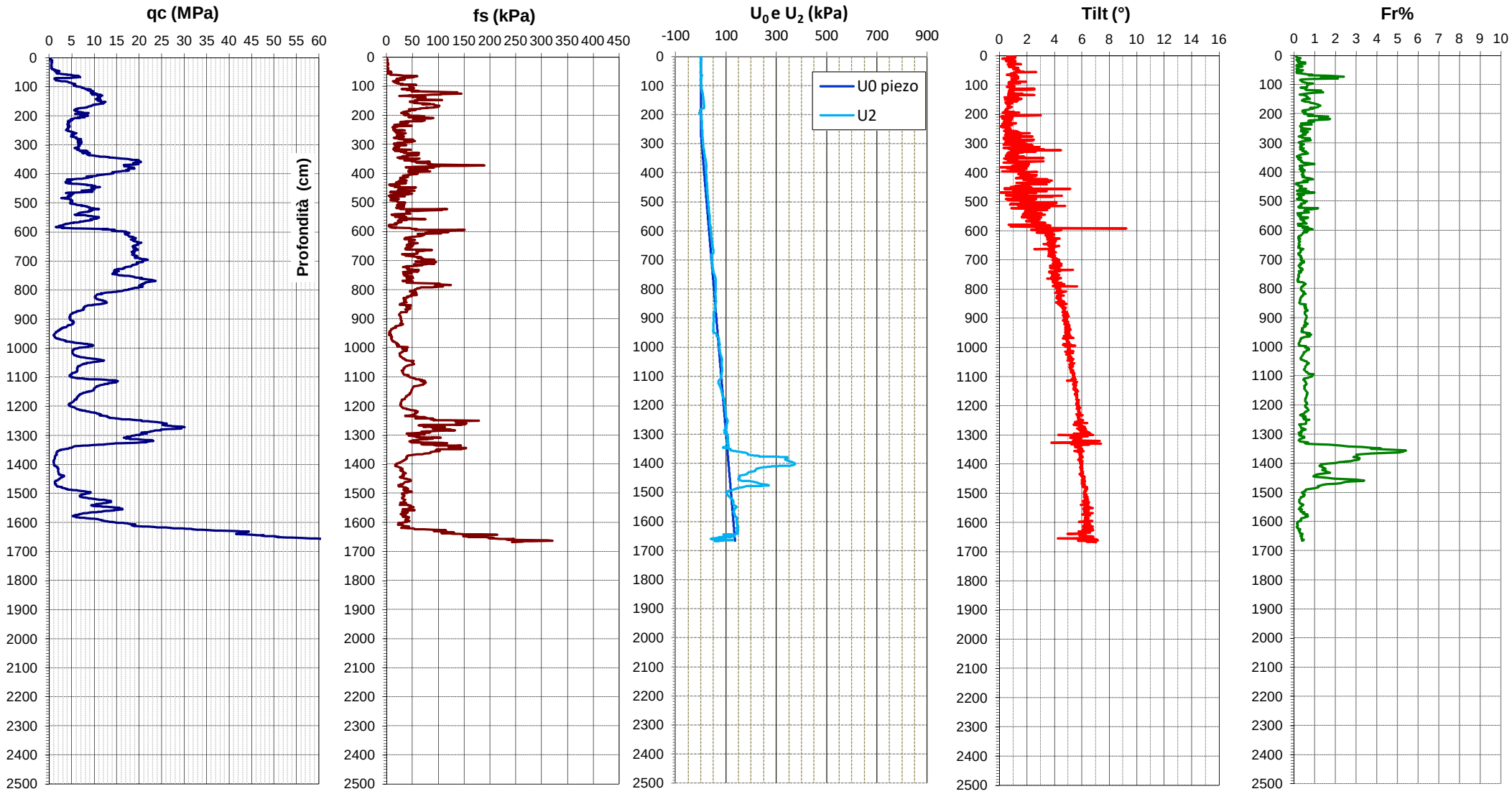


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 16	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	



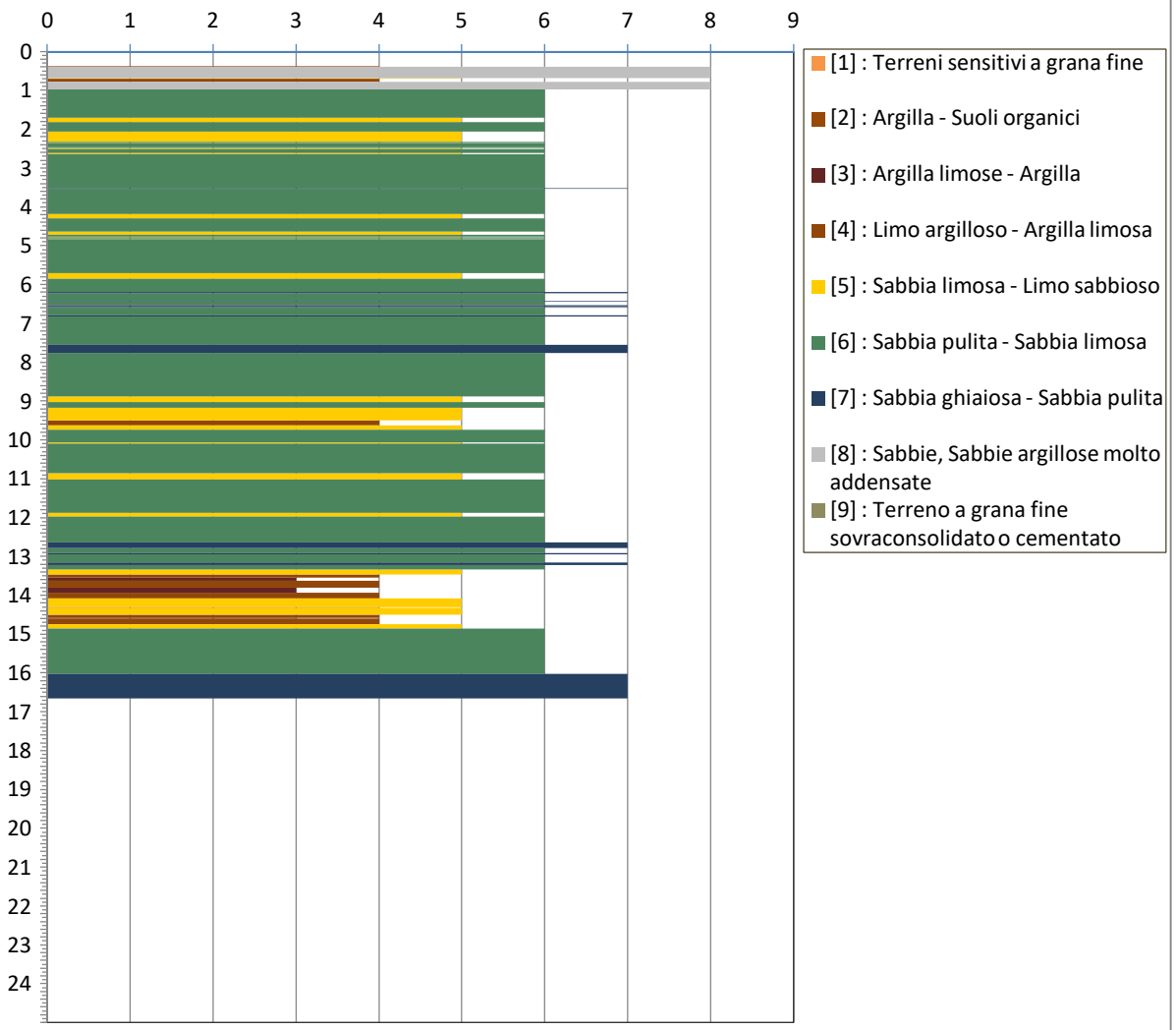
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

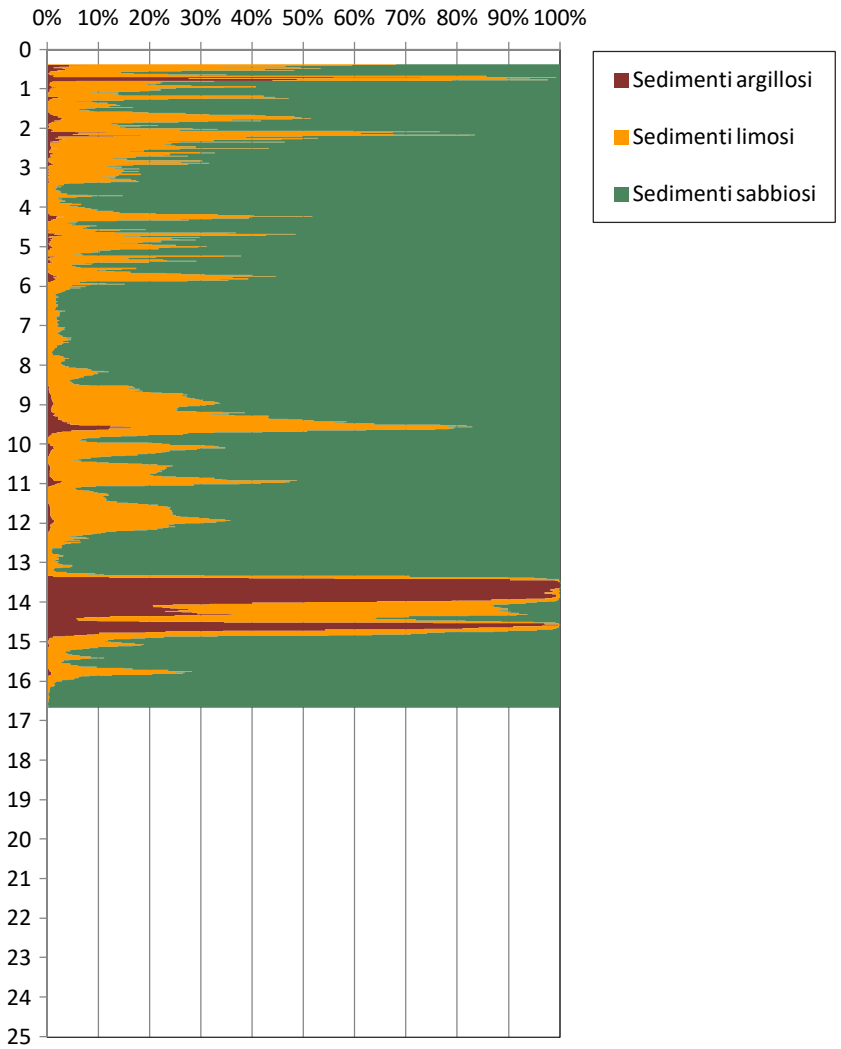
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 16	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.70	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

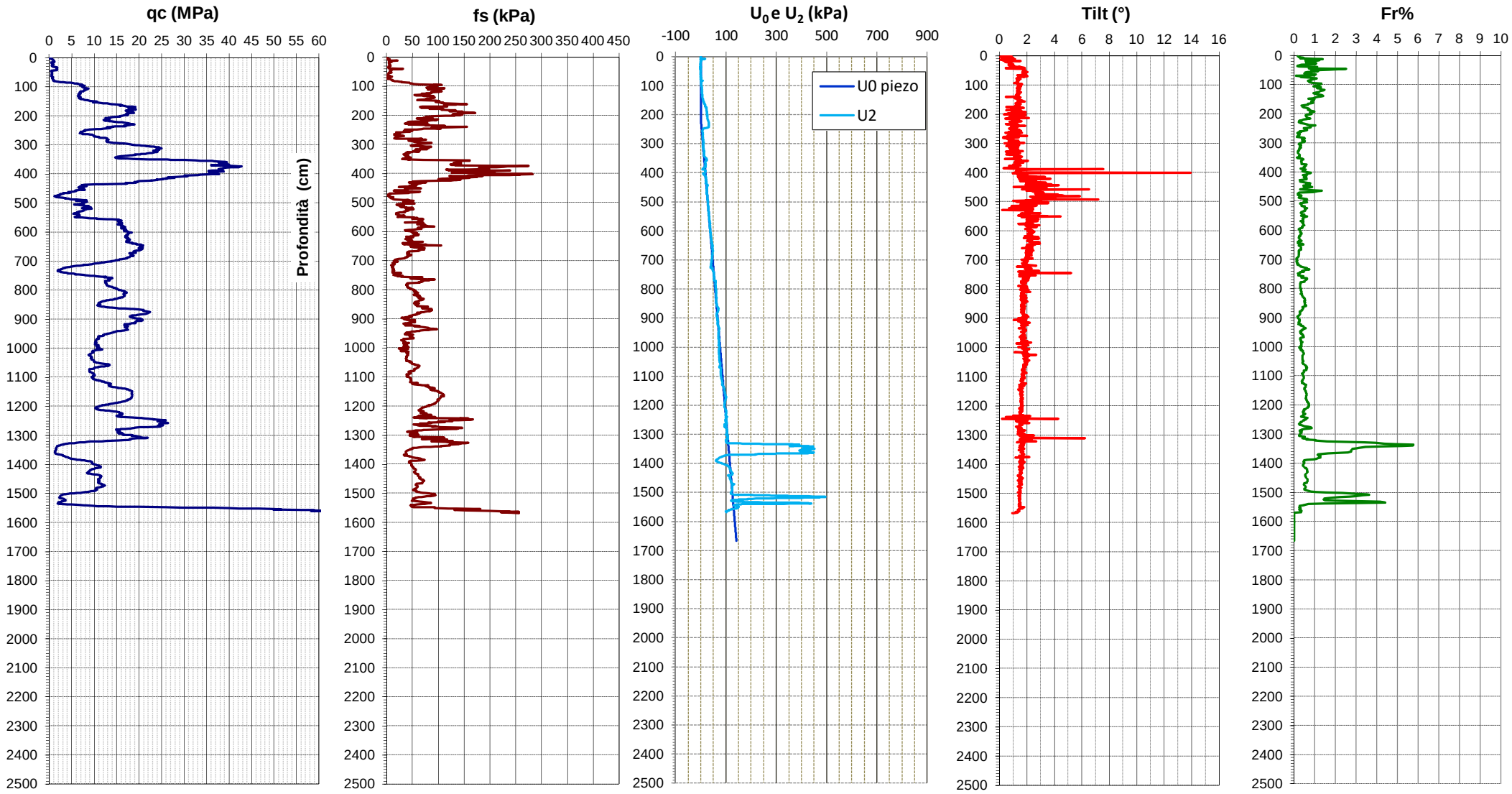


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 17	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.25	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	



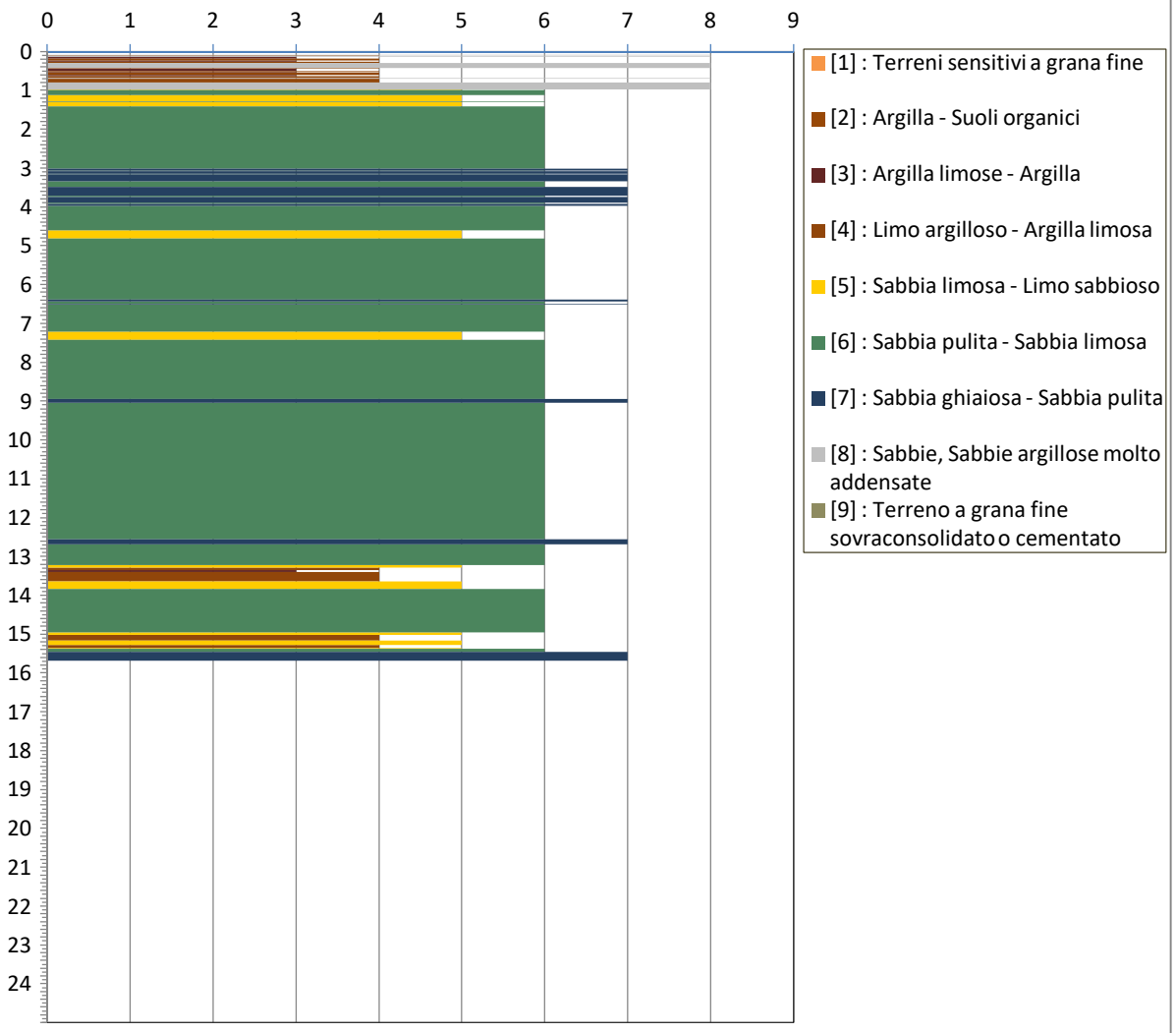
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

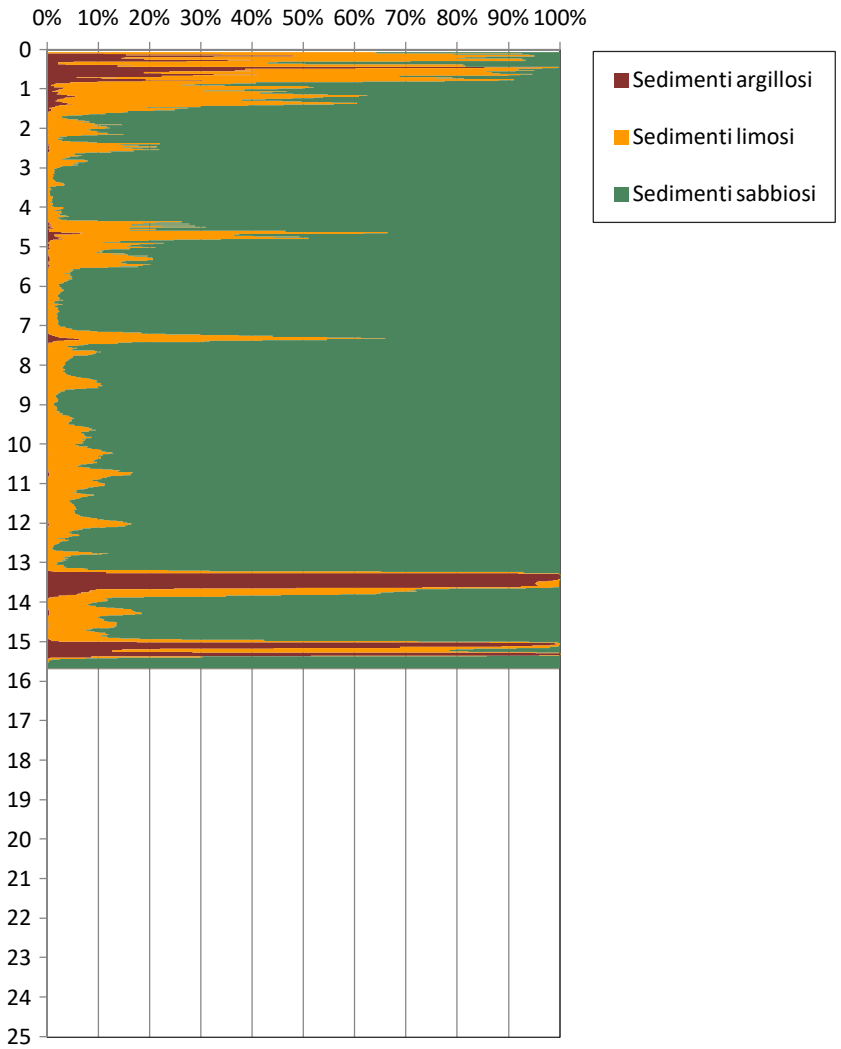
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 17	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.25	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

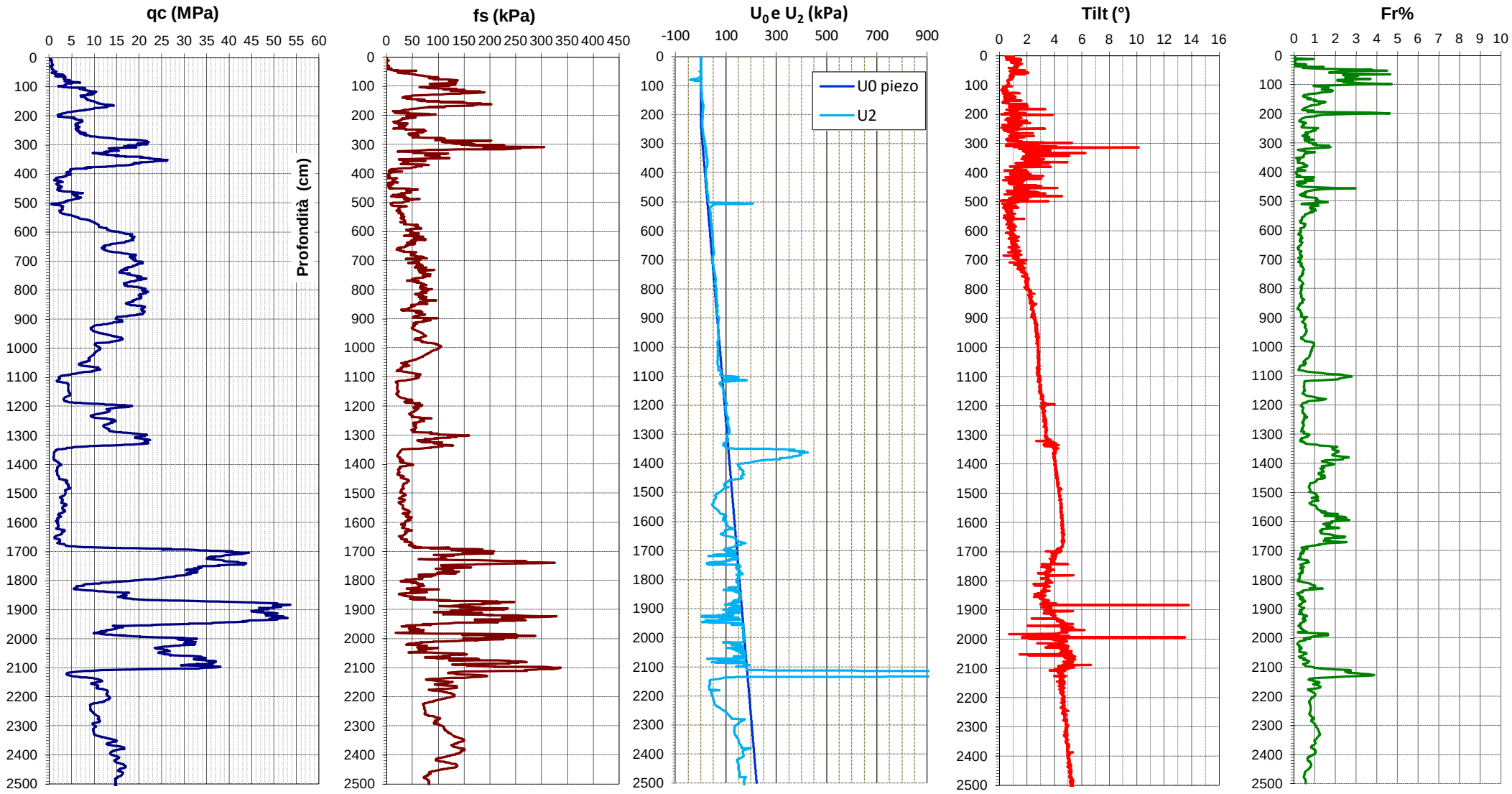


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 18	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	



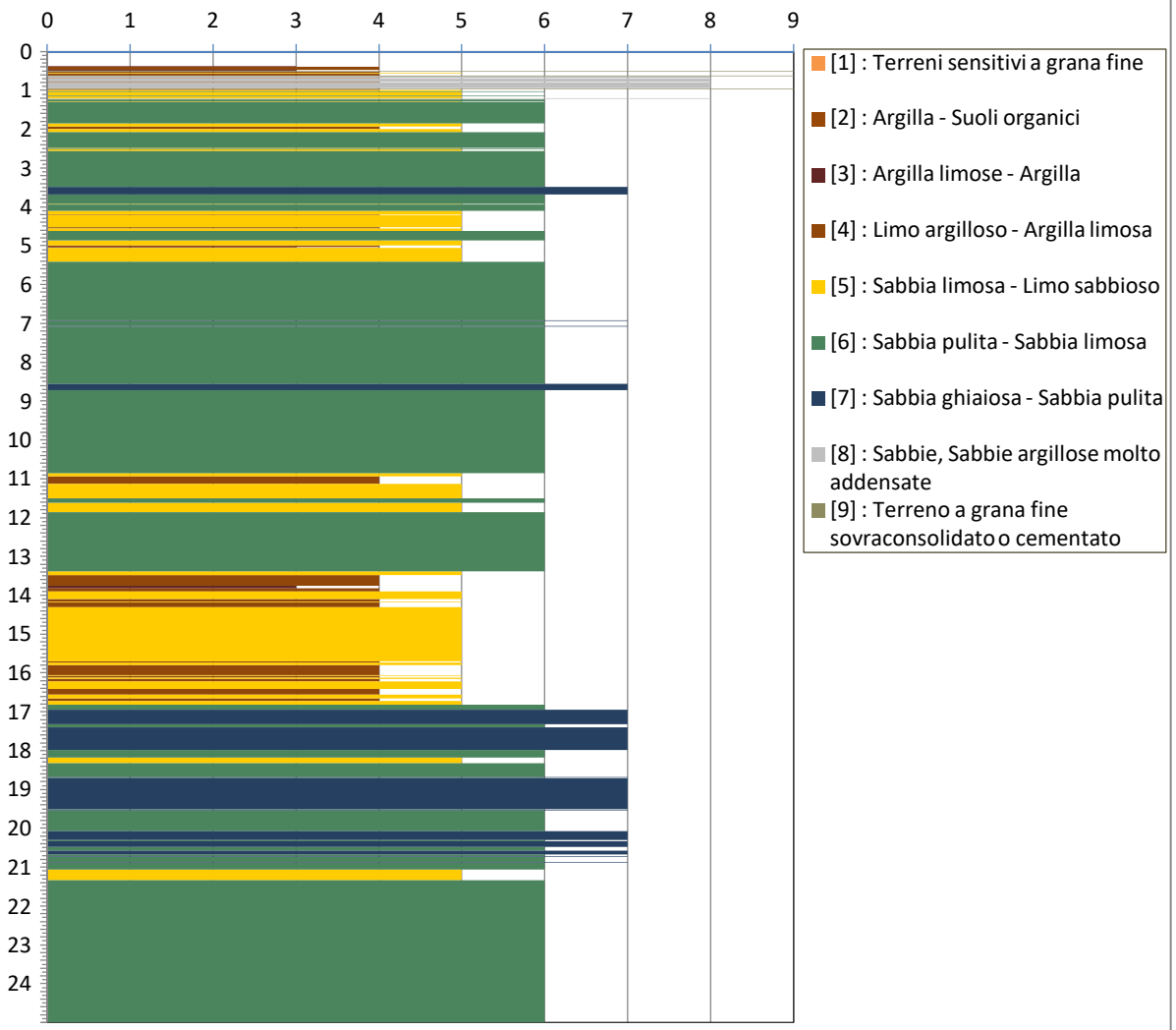
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

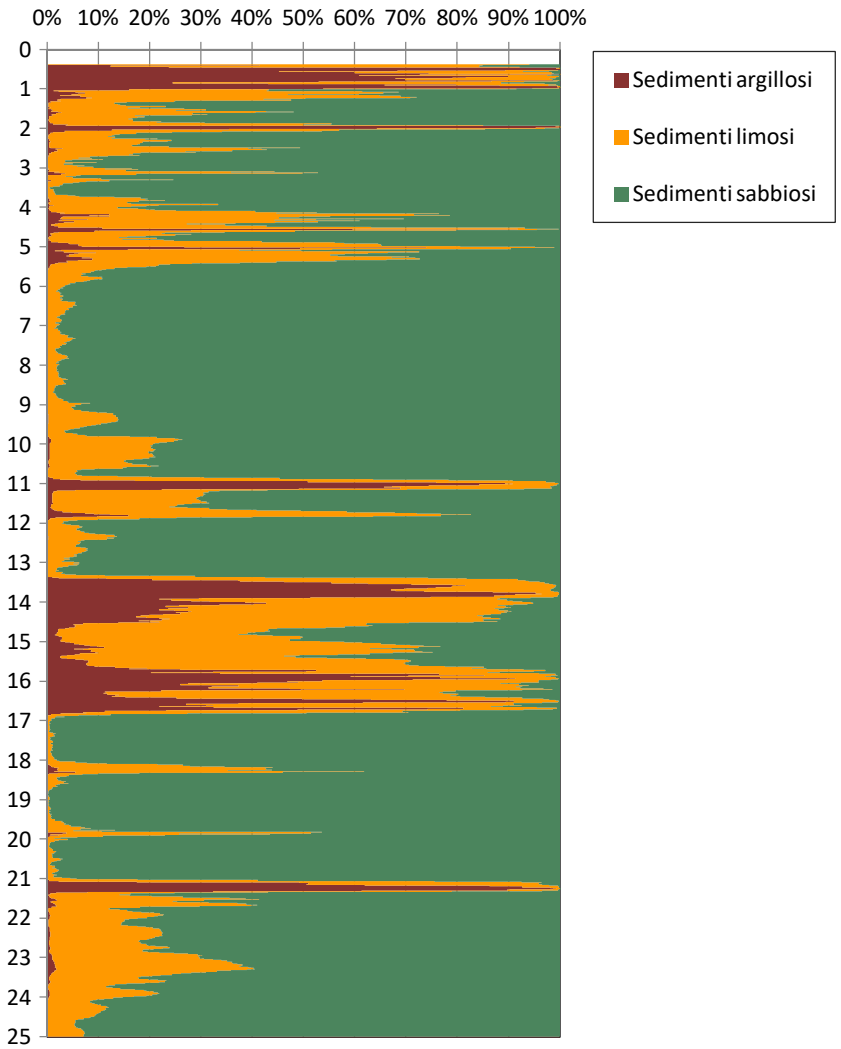
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 18	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method

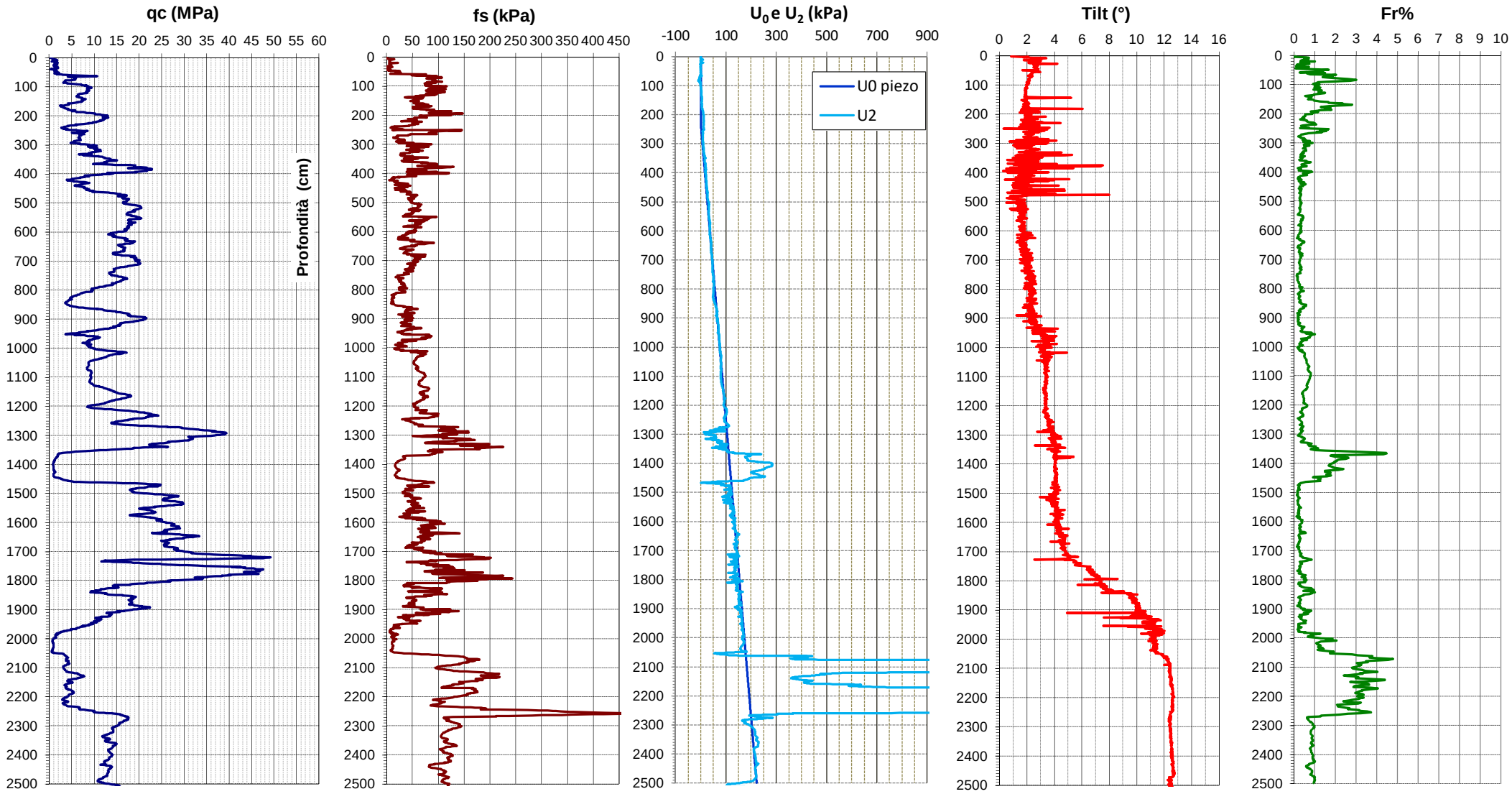


S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 19	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	



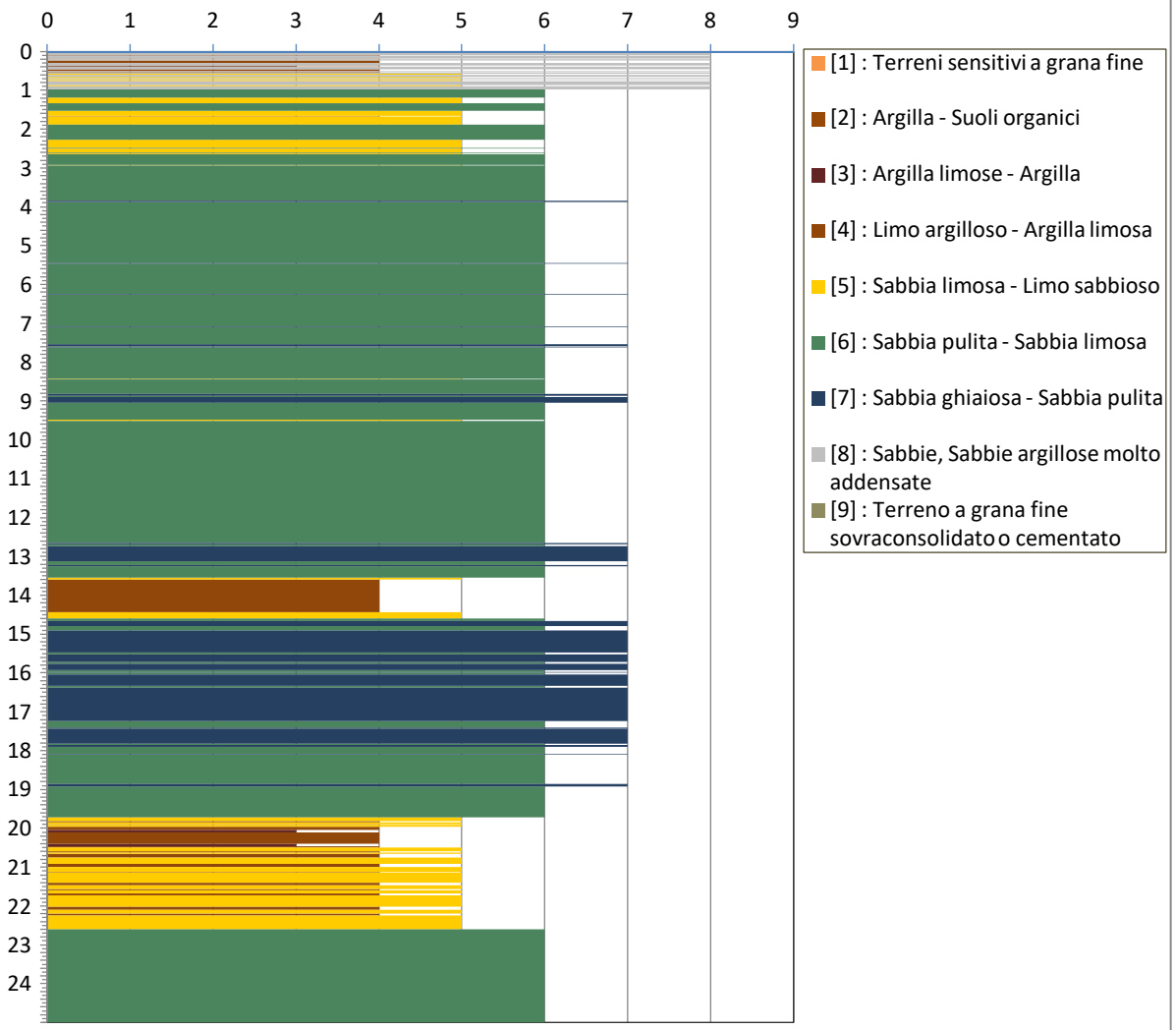
S.G.M. GEOLOGIA E AMBIENTE

Via Maria Majocchi Plattis, 21 - 44124 ferrara (FE)
tel. 0532977899 - PEC. sgm-ambiente@pec.it

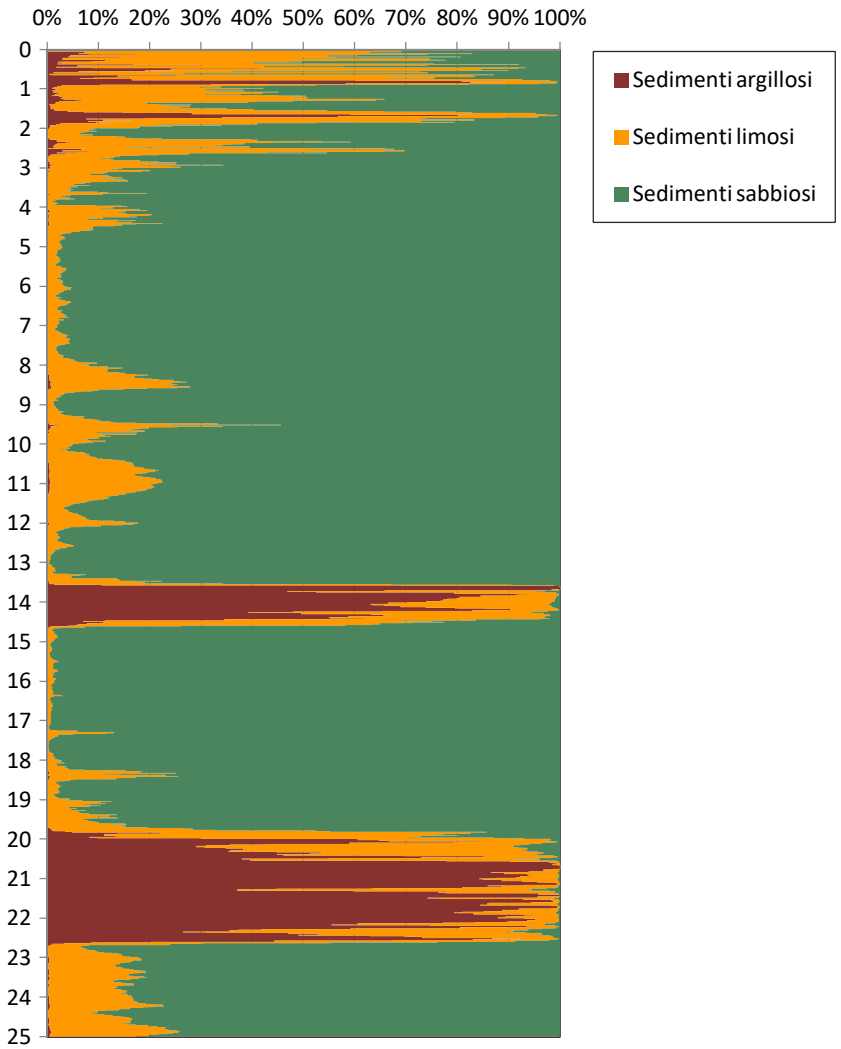
DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.:	ARCADIS ITALIA srl	**Prova:**	CPTU 19	**Livello di Falda :**	-	metri da p.c.
Località :	Zibido San Giacomo (MI)	**Latitudine:**	0	**Livello piezometrico:**	2.40	metri da p.c.
Indirizzo :	Viale Lomgarone	**Longitudine:**	0	**Data di indagine :**	28 dicembre 2023	

Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



Fuzzy Classification Method



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	04/01/2024

Sondaggio n°	Sw6
Prova di permeabilità n°	LEF 1
Profondità da p.c.	1,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,58
Rapporto di forma	L/D	[-]	4,57

Coefficiente di forma	F	[m]	1,639

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,58
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	1,50
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	0,920

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	1,500

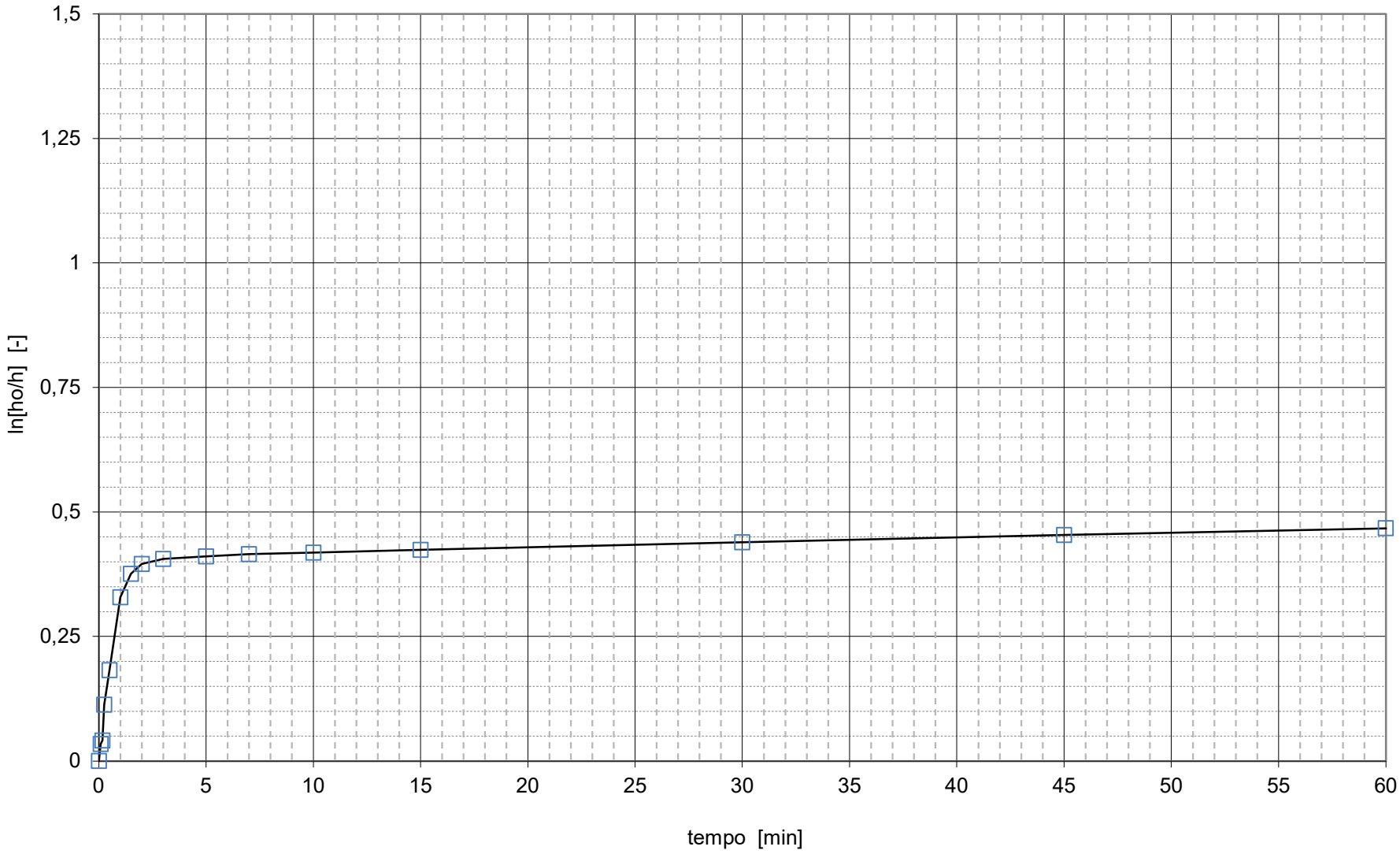
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	1,500	1,000	0,000
0,1	0,050	5	1,450	1,034	0,034
0,2	0,060	10	1,440	1,042	0,041
0,3	0,160	15	1,340	1,119	0,113
0,5	0,250	30	1,250	1,200	0,182
1,0	0,420	60	1,080	1,389	0,329
1,5	0,470	90	1,030	1,456	0,376
2,0	0,490	120	1,010	1,485	0,396
3,0	0,500	180	1,000	1,500	0,405
5,0	0,505	300	0,995	1,508	0,410
7,0	0,510	420	0,990	1,515	0,416
10,0	0,513	600	0,987	1,520	0,419
15,0	0,518	900	0,982	1,527	0,424
30,0	0,533	1800	0,967	1,551	0,439
45,0	0,547	2700	0,953	1,574	0,454
60,0	0,560	3600	0,940	1,596	0,467

Coefficiente angolare α	[-]	3,35E-03

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**2,59E-05**

Sw6
LEF 1
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	04/01/2024

Sondaggio n°	Sw6
Prova di permeabilità n°	LEF 2
Profondità da p.c.	4,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,50
Rapporto di forma	L/D	[-]	3,94

Coefficiente di forma	F	[m]	1,511

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,50
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	2,35
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	1,850

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	2,350

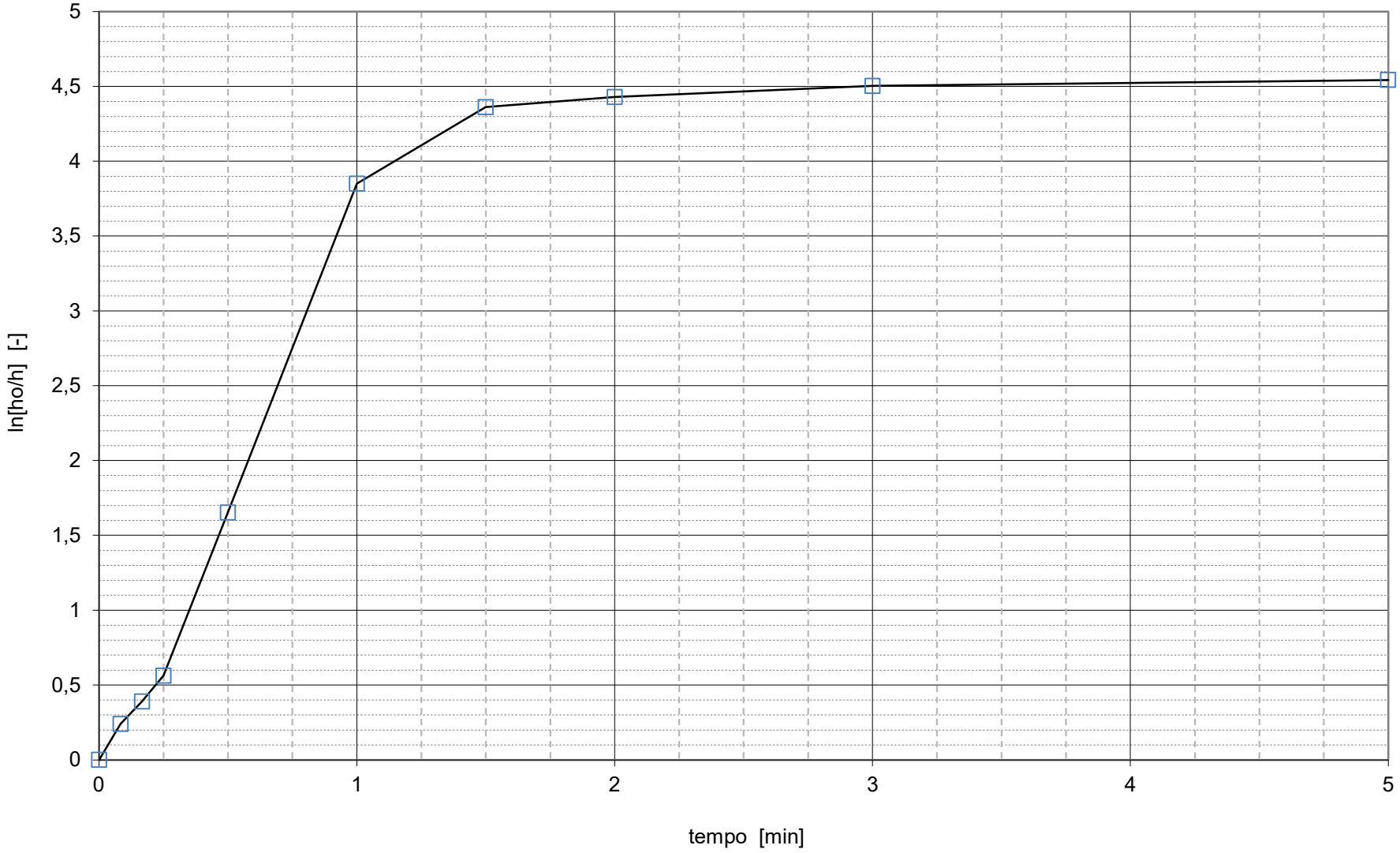
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	2,350	1,000	0,000
0,1	0,500	5	1,850	1,270	0,239
0,2	0,760	10	1,590	1,478	0,391
0,3	1,010	15	1,340	1,754	0,562
0,5	1,900	30	0,450	5,222	1,653
1,0	2,300	60	0,050	47,000	3,850
1,5	2,320	90	0,030	78,333	4,361
2,0	2,322	120	0,028	83,929	4,430
3,0	2,324	180	0,026	90,385	4,504
5,0	2,325	300	0,025	94,000	4,543

Coefficiente angolare α	[-]	6,77E-02

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**5,68E-04**

Sw6
LEF 2
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	15/01/2024

Sondaggio n°	Sw7
Prova di permeabilità n°	LEF 1
Profondità da p.c.	1,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,60
Rapporto di forma	L/D	[-]	4,72

Coefficiente di forma	F	[m]	1,670

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,60
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	1,50
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	0,900

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	1,500

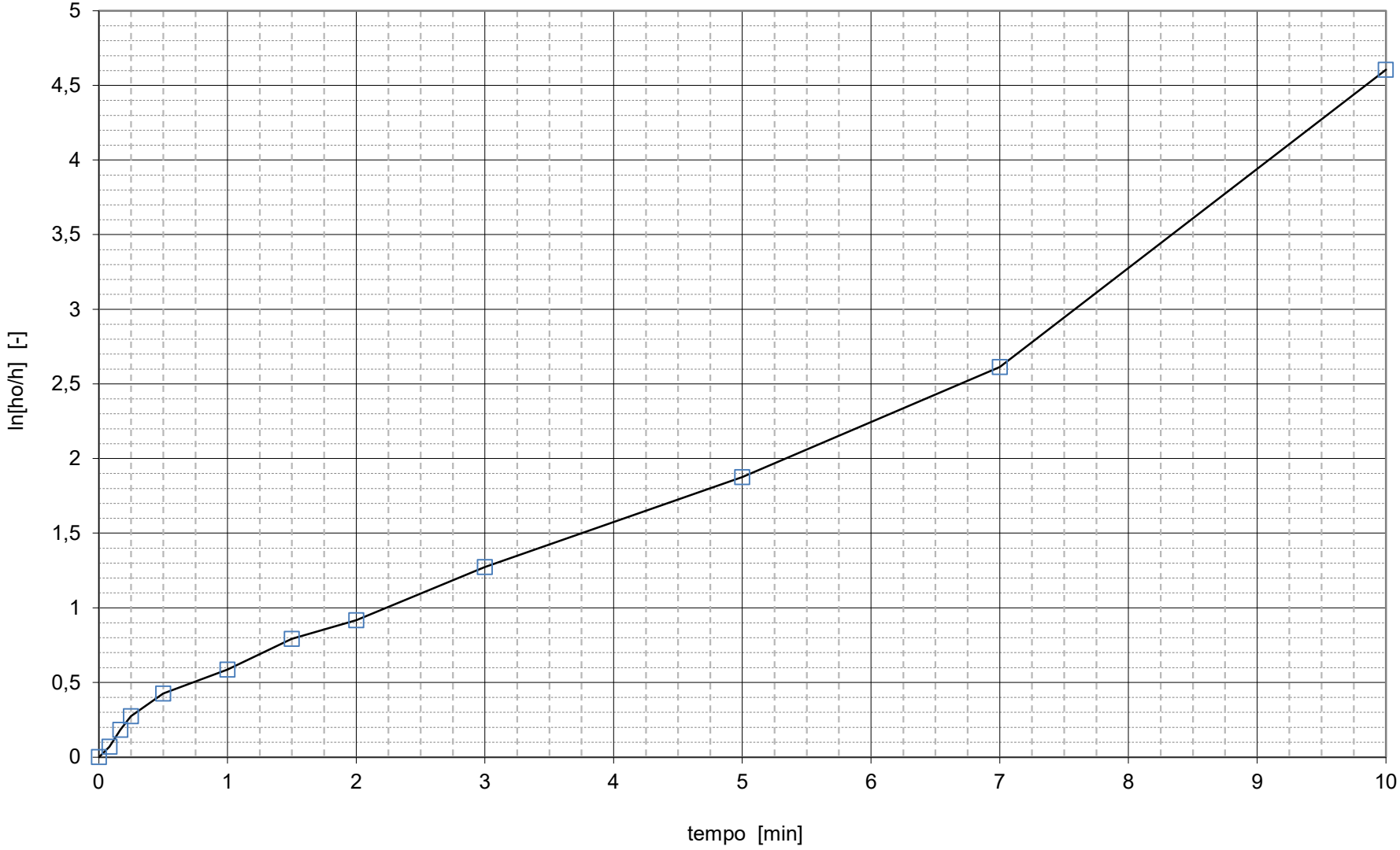
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	1,500	1,000	0,000
0,1	0,100	5	1,400	1,071	0,069
0,2	0,250	10	1,250	1,200	0,182
0,3	0,360	15	1,140	1,316	0,274
0,5	0,520	30	0,980	1,531	0,426
1,0	0,665	60	0,835	1,796	0,586
1,5	0,820	90	0,680	2,206	0,791
2,0	0,900	120	0,600	2,500	0,916
3,0	1,080	180	0,420	3,571	1,273
5,0	1,270	300	0,230	6,522	1,875
7,0	1,390	420	0,110	13,636	2,613
10,0	1,485	600	0,015	100,000	4,605

Coefficiente angolare α	[-]	6,87E-03

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**5,21E-05**

Sw7
LEF 1
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	16/01/2024

Sondaggio n°	Sw7
Prova di permeabilità n°	LEF 2
Profondità da p.c.	6,00

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,127
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,50
Rapporto di forma	L/D	[-]	3,94

Coefficiente di forma	F	[m]	1,511

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,013

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,50
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	2,20
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	1,700

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	2,200

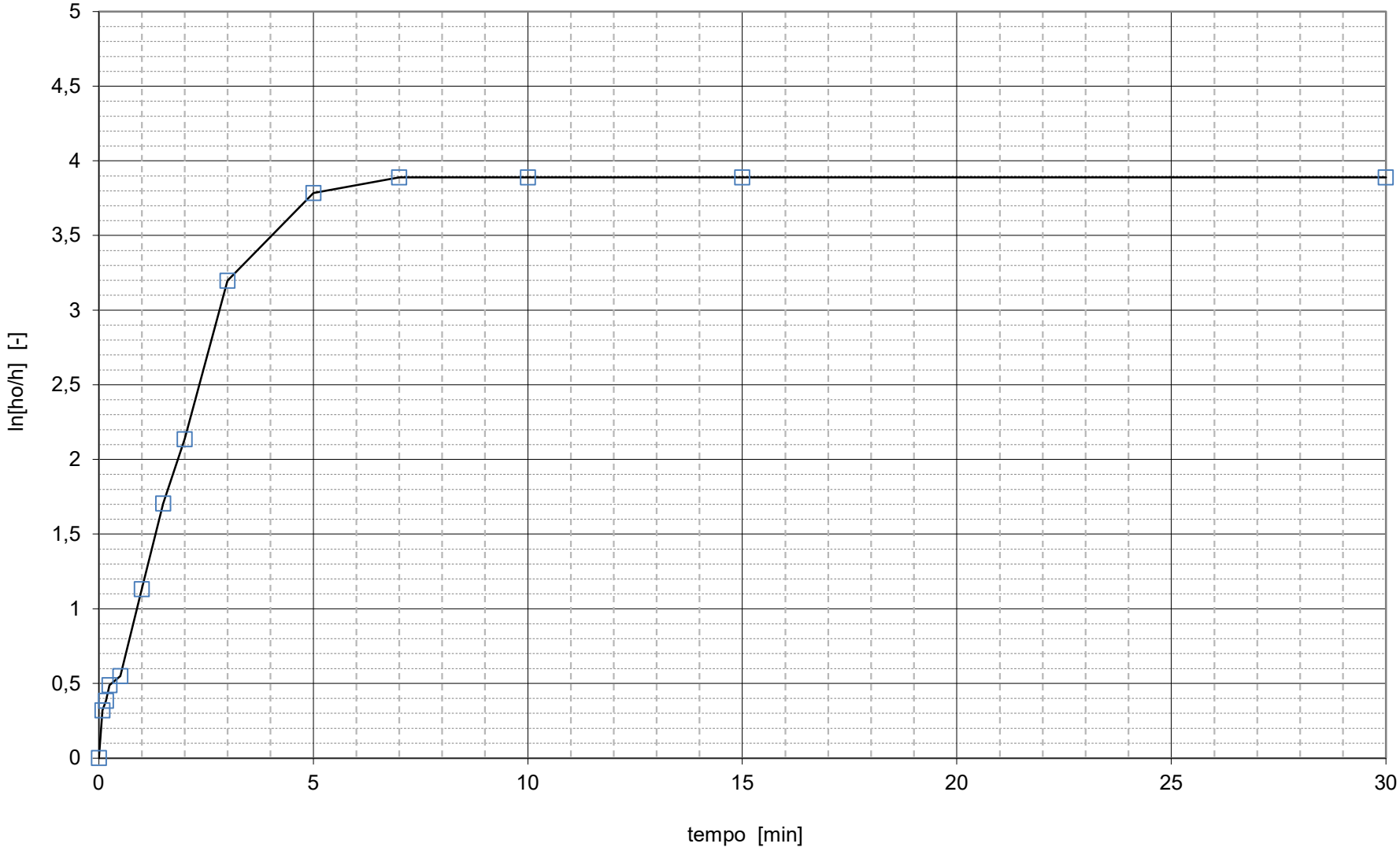
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	2,200	1,000	0,000
0,1	0,600	5	1,600	1,375	0,318
0,2	0,700	10	1,500	1,467	0,383
0,3	0,850	15	1,350	1,630	0,488
0,5	0,930	30	1,270	1,732	0,549
1,0	1,490	60	0,710	3,099	1,131
1,5	1,800	90	0,400	5,500	1,705
2,0	1,940	120	0,260	8,462	2,136
3,0	2,110	180	0,090	24,444	3,196
5,0	2,150	300	0,050	44,000	3,784
7,0	2,155	420	0,045	48,889	3,890
10,0	2,155	600	0,045	48,889	3,890
15,0	2,155	900	0,045	48,889	3,890
30,0	2,155	1800	0,045	48,889	3,890

Coefficiente angolare α	[-]	1,28E-02

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**1,07E-04**

Sw7
LEF 2
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - UNI EN ISO 22282-2:2012
(per immissione di acqua in foro di sondaggio)

Committente	AMAZON SpA
Commessa	Zibido S. Giacomo
Località	Zibido S. Giacomo - via Verdi
Data	09/01/2024

Sondaggio n°	Pz4
Prova di permeabilità n°	LEF 1
Profondità da p.c.	1,50

Geometria della cavità	4	Filtro cilindrico in terreno uniforme

Diametro del tratto di prova	D	[m]	0,152
Lunghezza del tratto di prova	L	[m]	0,58
Rapporto di forma	L/D	[-]	3,82

Coefficiente di forma	F	[m]	1,779

Area della sezione di prova	A	[m^2]	0,018

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h_r	[m]	0,58
Dislivello tra livello piezometrico e livello di riferimento	z_r	[m]	1,50
Profondità del livello piezometrico da p.c.	z_w	[m]	0,920

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento, a inizio prova	z	[m]	0,000
Carico idraulico a inizio prova	h_o	[m]	1,500

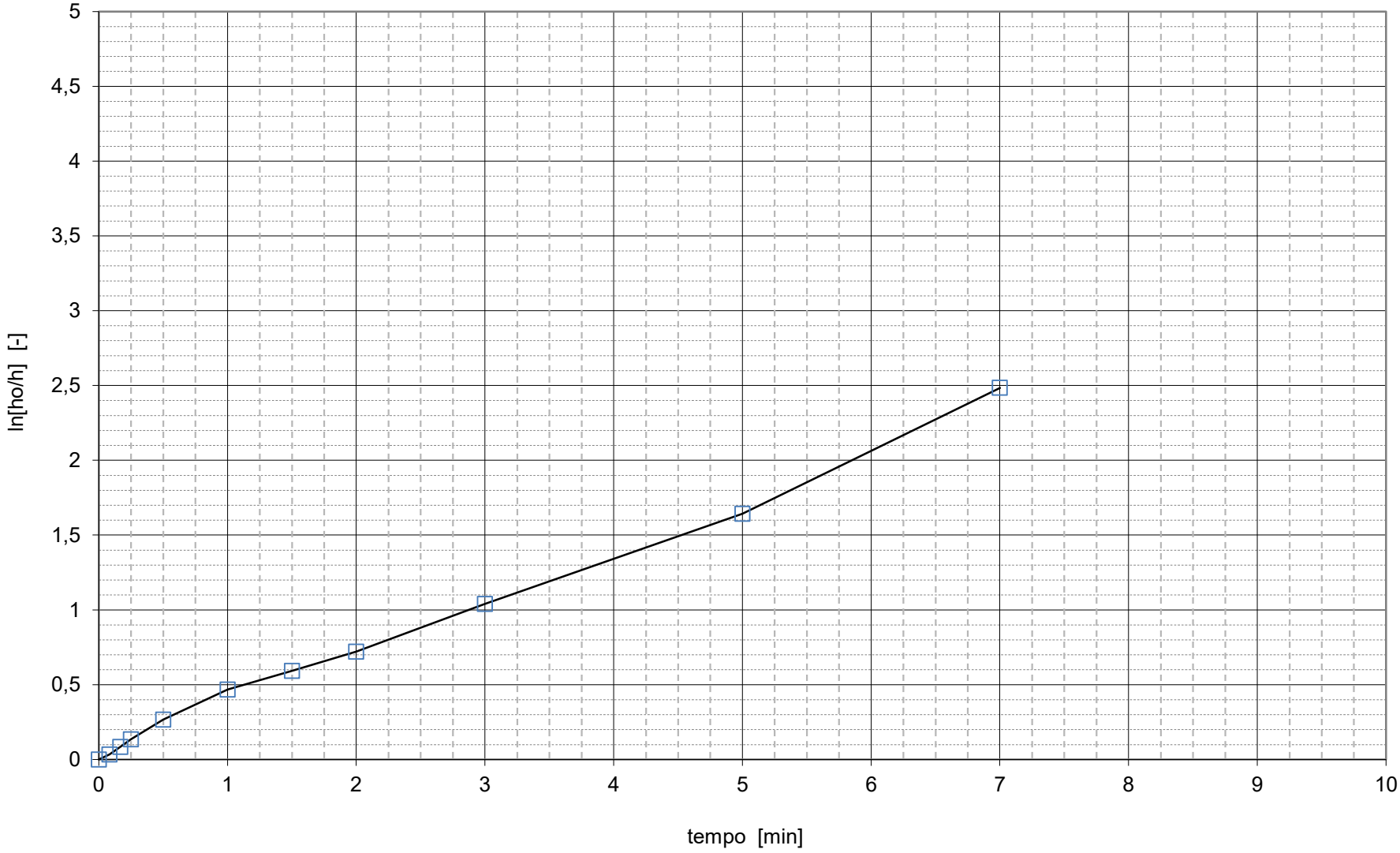
Tempo inizio prova (ora e minuti)	-
Metodo di interpretazione	B.4.1 - Velocity graph method

Letture		Elaborazioni			
Tempo [min]	Profondità del livello dell'acqua nel foro [m]	Tempo [s]	Carico idraulico h [m]	ho/h [-]	ln[ho/h] [-]
0,00	0,00	0	1,500	1,000	0,000
0,1	0,050	5	1,450	1,034	0,034
0,2	0,120	10	1,380	1,087	0,083
0,3	0,190	15	1,310	1,145	0,135
0,5	0,350	30	1,150	1,304	0,266
1,0	0,560	60	0,940	1,596	0,467
1,5	0,670	90	0,830	1,807	0,592
2,0	0,770	120	0,730	2,055	0,720
3,0	0,970	180	0,530	2,830	1,040
5,0	1,210	300	0,290	5,172	1,643
7,0	1,375	420	0,125	12,000	2,485
10,0	1,500	600	0,000	-	-

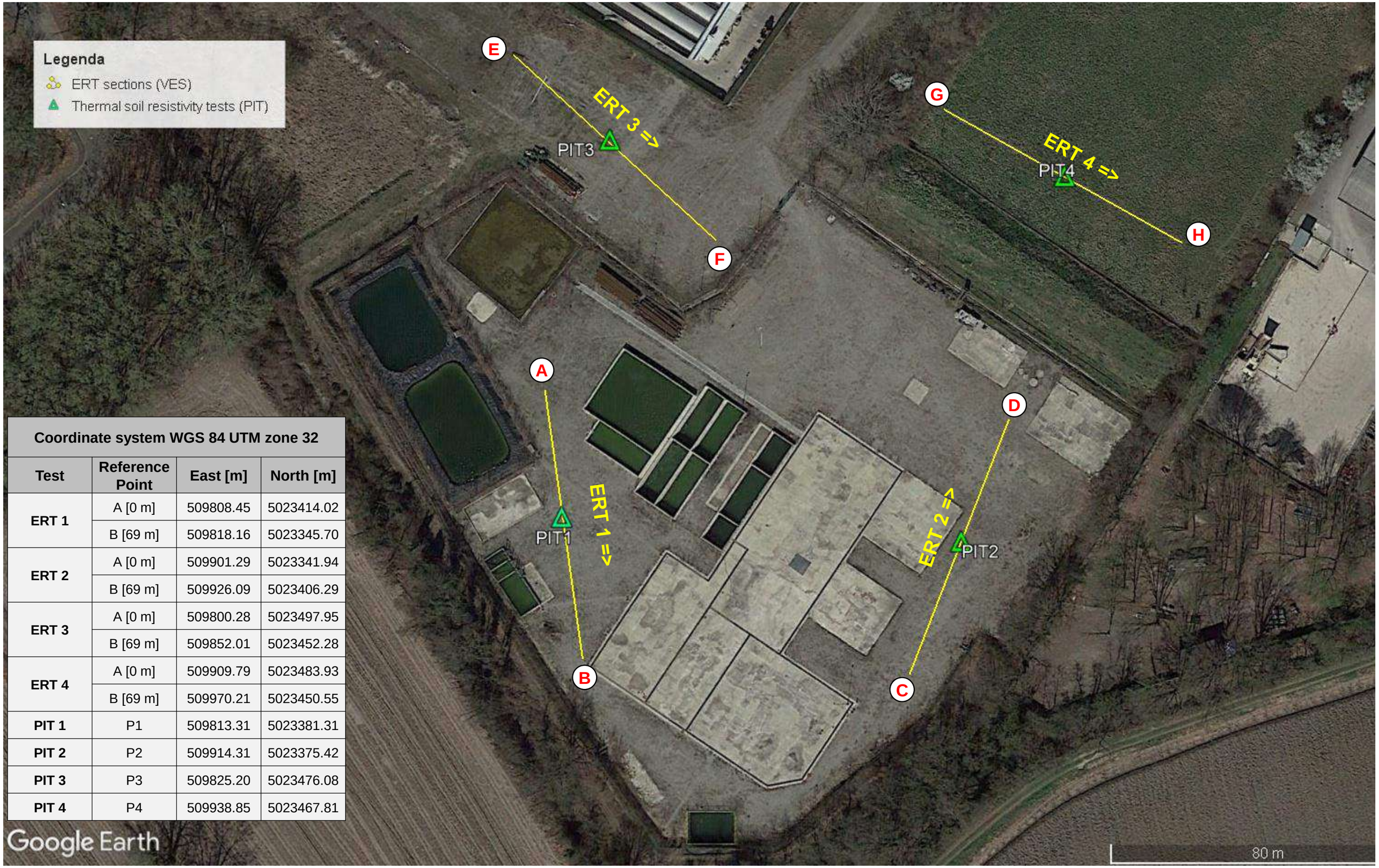
Coefficiente angolare α	[-]	5,63E-03

Coefficiente di conducibilità idraulica k	[m/s]	**5,74E-05**

Pz4
LEF 1
Prova di permeabilità Lefranc
a carico variabile

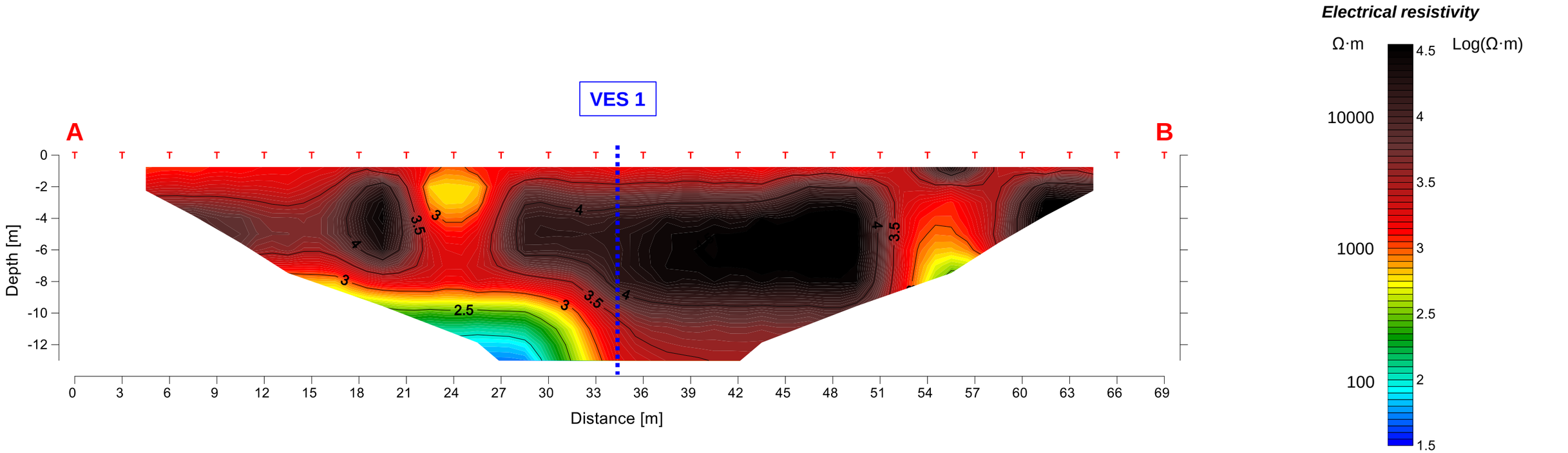


Techgea GEOPHYSICS	*Electrical and thermal soil resistivity tests* ***Survey location (from Google Earth Pro)***	Client:	ARCADIS Italia S.r.l.	Report:	23-421
		Site:	Zibido San Giacomo (MI)	Revision:	0
		Date:	December 2023	Drawing:	1

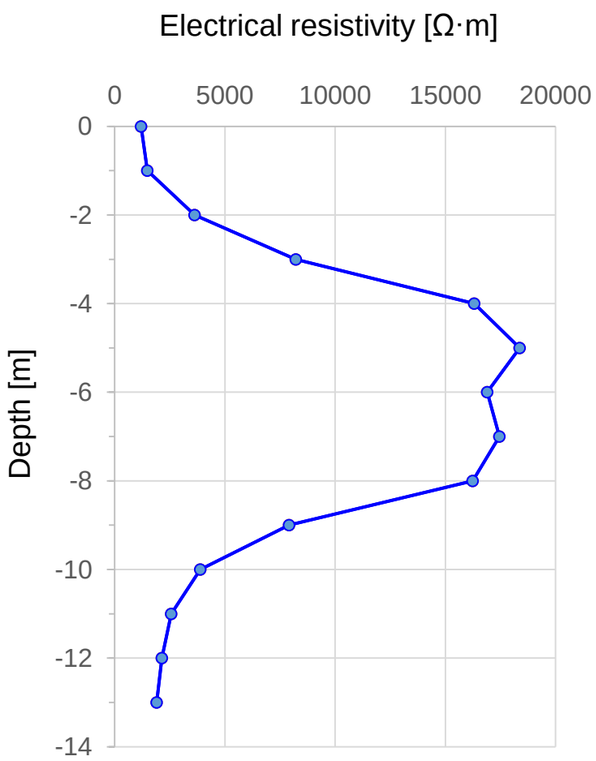


Coordinate system WGS 84 UTM zone 32			
Test	**Reference Point**	**East [m]**	**North [m]**
ERT 1	A [0 m]	509808.45	5023414.02
	B [69 m]	509818.16	5023345.70
ERT 2	A [0 m]	509901.29	5023341.94
	B [69 m]	509926.09	5023406.29
ERT 3	A [0 m]	509800.28	5023497.95
	B [69 m]	509852.01	5023452.28
ERT 4	A [0 m]	509909.79	5023483.93
	B [69 m]	509970.21	5023450.55
PIT 1	P1	509813.31	5023381.31
PIT 2	P2	509914.31	5023375.42
PIT 3	P3	509825.20	5023476.08
PIT 4	P4	509938.85	5023467.81

Techgea GEOPHYSICS	*VES 1 sounding* ***Tomographic model ERT 1 (A→B) e VES 1 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 2



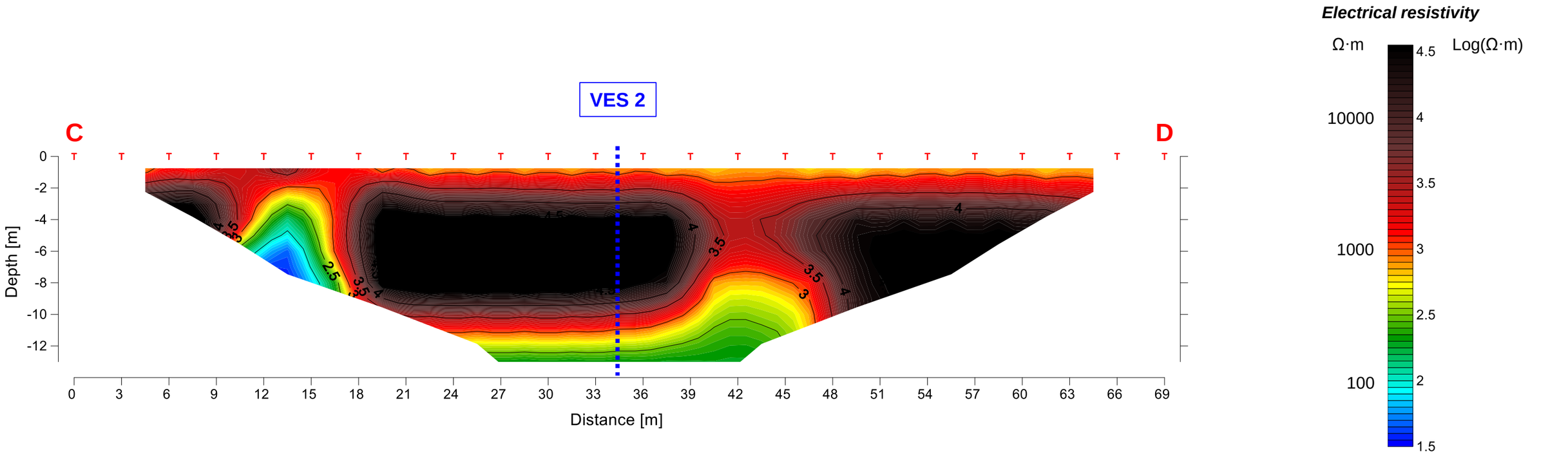
Vertical electrical sounding (VES 1)



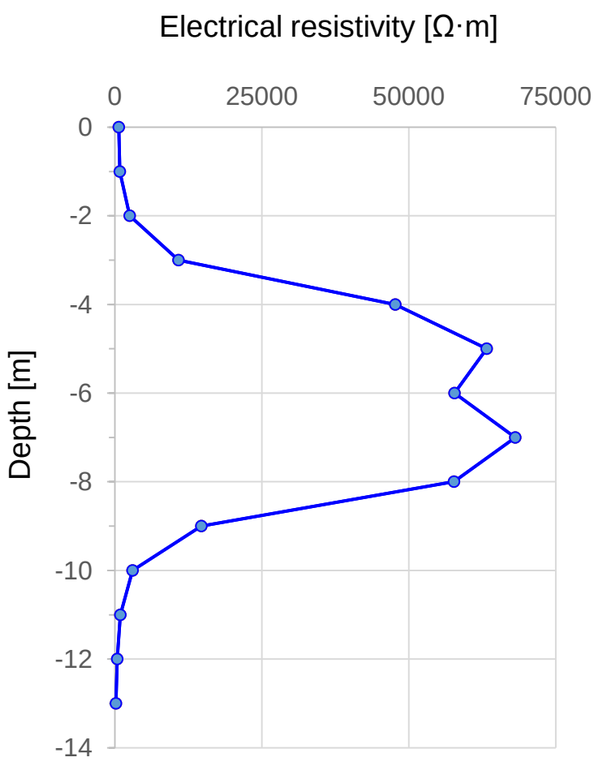
Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	3.08	1194.0
-1	3.17	1481.3
-2	3.56	3625.3
-3	3.91	8219.1
-4	4.21	16304.9
-5	4.26	18373.9
-6	4.23	16900.8
-7	4.24	17452.8
-8	4.21	16240.4
-9	3.90	7913.6
-10	3.59	3885.8
-11	3.41	2561.8
-12	3.33	2140.6
-13	3.28	1904.8

Test ID	East [m]	North [m]
VES 1	509813.31	5023381.31

Techgea GEOPHYSICS	*VES 2 sounding* ***Tomographic model ERT 2 (C→D) e VES 2 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 3



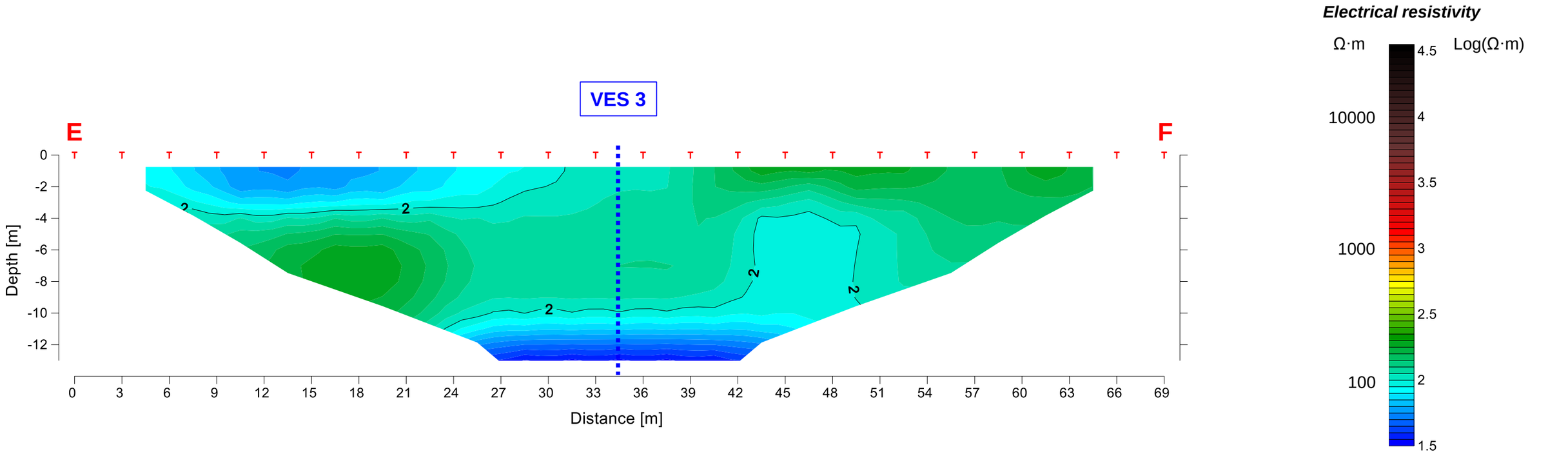
Vertical electrical sounding (VES 2)



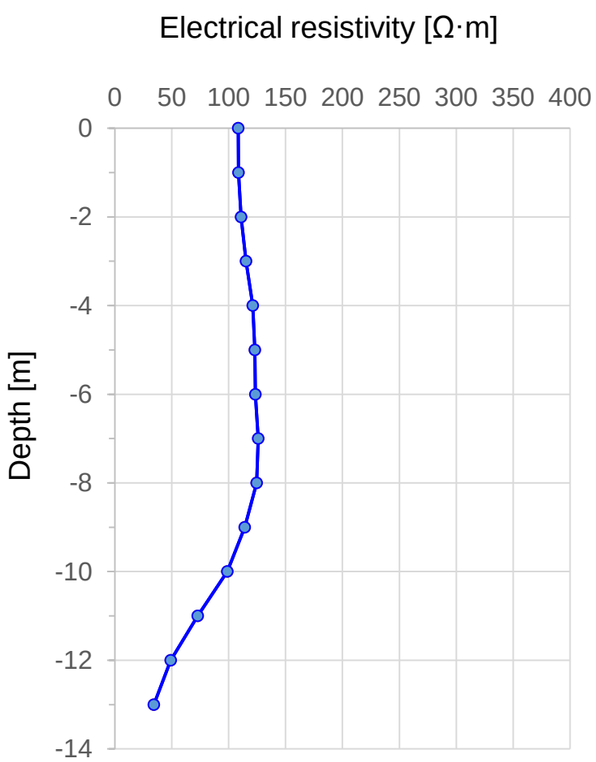
Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	2.82	667.7
-1	2.93	855.0
-2	3.40	2519.1
-3	4.03	10828.8
-4	4.68	47733.2
-5	4.80	63271.0
-6	4.76	57807.7
-7	4.83	68107.2
-8	4.76	57702.7
-9	4.17	14727.3
-10	3.48	3027.1
-11	2.97	924.8
-12	2.60	394.2
-13	2.29	196.2

Test ID	East [m]	North [m]
VES 2	509914.31	5023375.42

Techgea GEOPHYSICS	*VES 3 sounding* ***Tomographic model ERT 3 (E→F) e VES 3 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 4



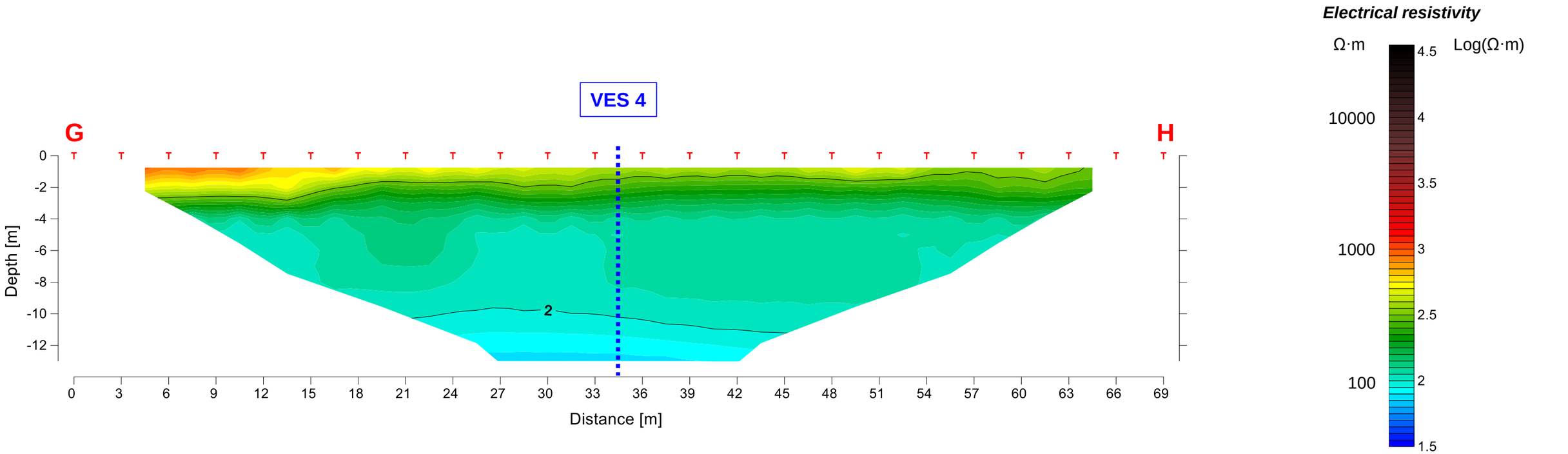
Vertical electrical sounding (VES 3)



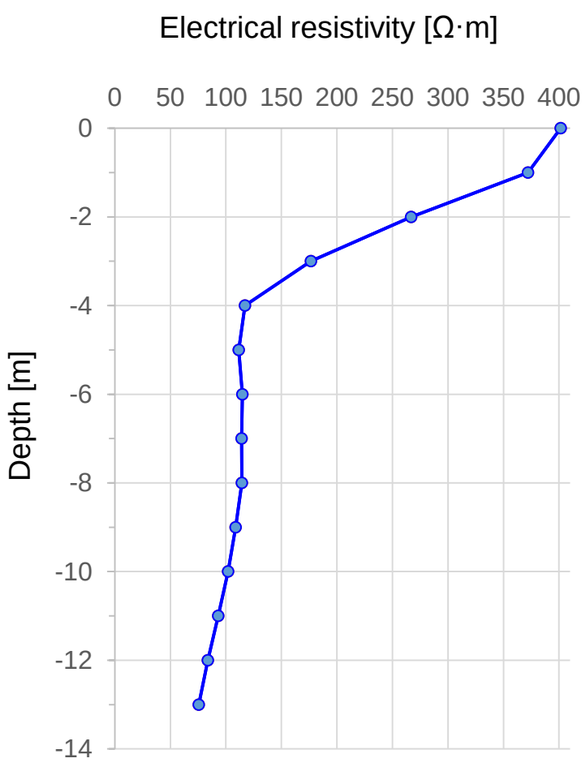
Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	2.04	108.4
-1	2.04	108.7
-2	2.04	110.9
-3	2.06	115.3
-4	2.08	121.3
-5	2.09	123.0
-6	2.09	123.6
-7	2.10	126.0
-8	2.10	124.7
-9	2.06	114.2
-10	2.00	98.9
-11	1.86	72.9
-12	1.69	49.2
-13	1.53	34.2

Test ID	East [m]	North [m]
VES 3	509825.20	5023476.08

Techgea GEOPHYSICS	*VES 4 sounding* ***Tomographic model ERT 4 (G→H) e VES 4 profile***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 5



Vertical electrical sounding (VES 4)



Depth [m]	Rho [log (Ω·m)]	Rho [Ω·m]
0	2.60	401.5
-1	2.57	372.2
-2	2.43	266.9
-3	2.25	176.6
-4	2.07	117.2
-5	2.05	111.6
-6	2.06	114.8
-7	2.06	114.1
-8	2.06	114.4
-9	2.04	108.9
-10	2.01	102.1
-11	1.97	93.2
-12	1.92	83.8
-13	1.88	75.6

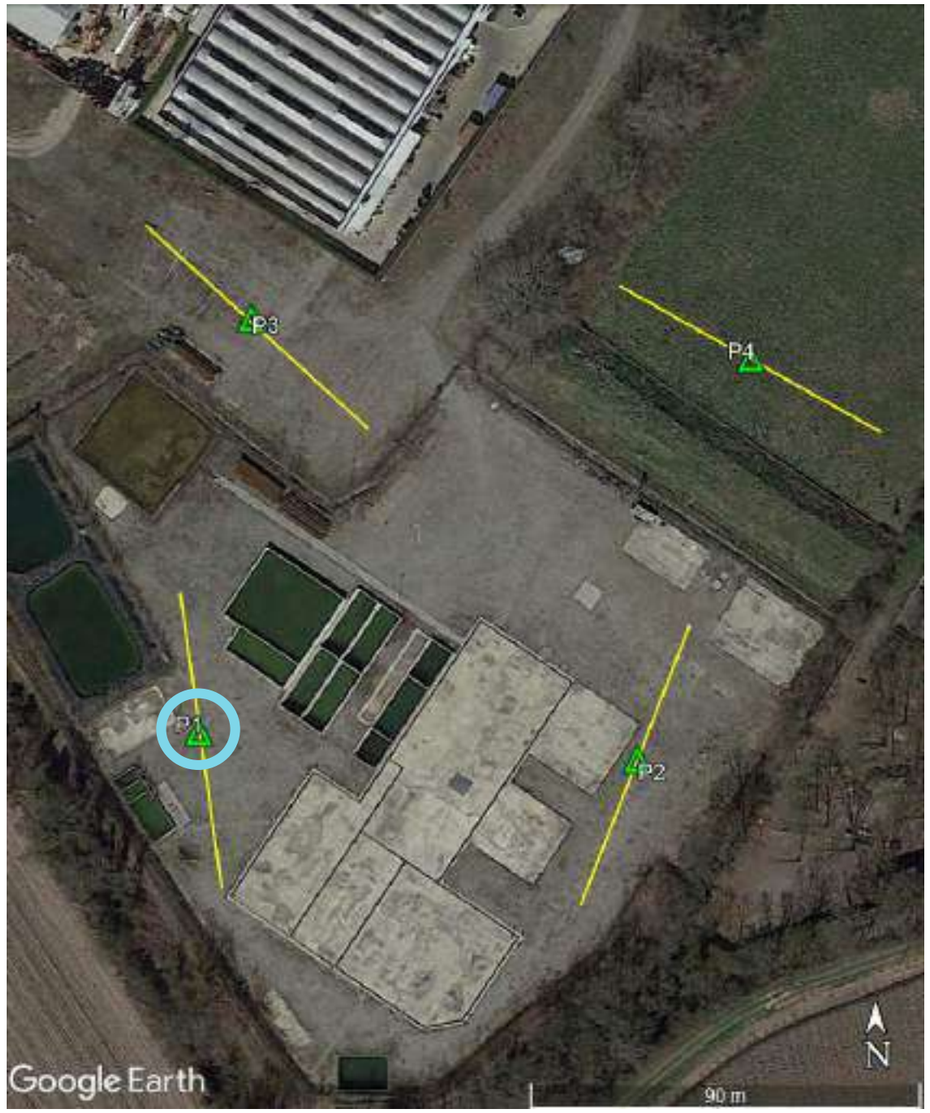
Test ID	East [m]	North [m]
VES 4	509938.85	5023467.81

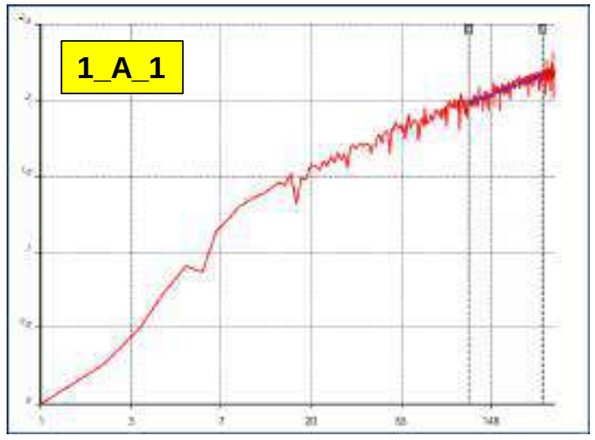
Techgea GEOPHYSICS	*TEST PIT 1* ***Thermal resistivity of the soil***	Client:	ARCADIS Italia S.r.l.	Report:	23-421
		Site:	Zibido San Giacomo (MI)	Revision:	0
		Date:	December 2023	Drawing:	6

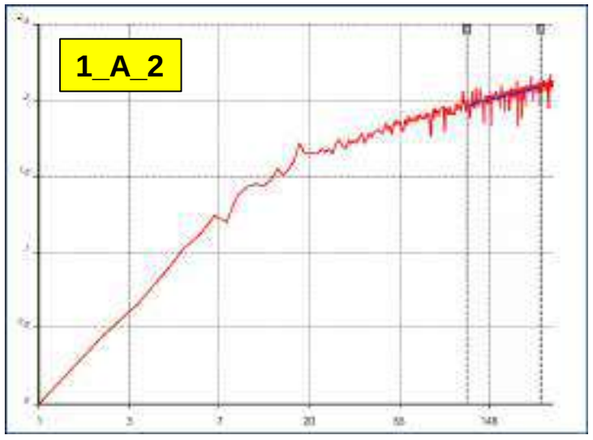
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

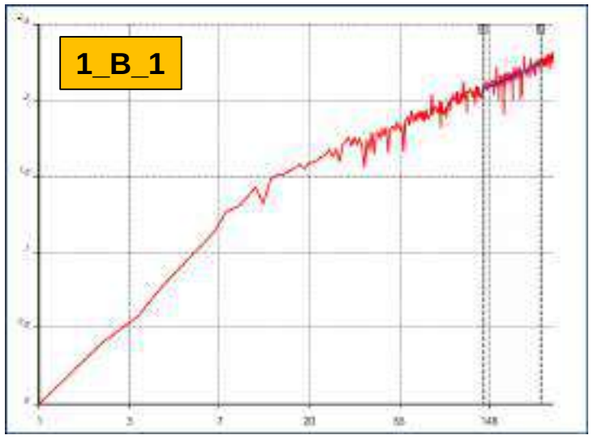
Test PIT 1	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**1.33**	**2.42**	**1.88**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.41**	**0.75**	**0.57**

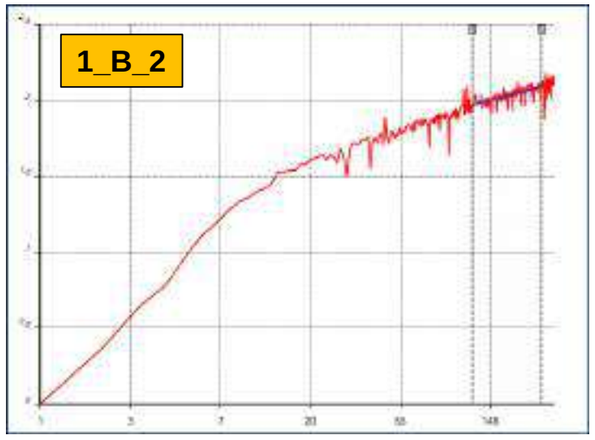
Test PIT 1		1_A_1	1_A_2	1_B_1	1_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	115	115	138	121
Time t2	s	261	261	261	260
Temperature T1	°C	11.64	11.79	12	12.14
Temperature T2	°C	11.83	11.94	12.18	12.27
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	1.539	2.417	1.333	2.235
Thermal resistivity	mK/W	0.65	0.414	0.75	0.447
Start Temperature	°C	9.66	9.83	9.93	10.19
End Temperature	°C	11.85	11.96	12.21	12.34









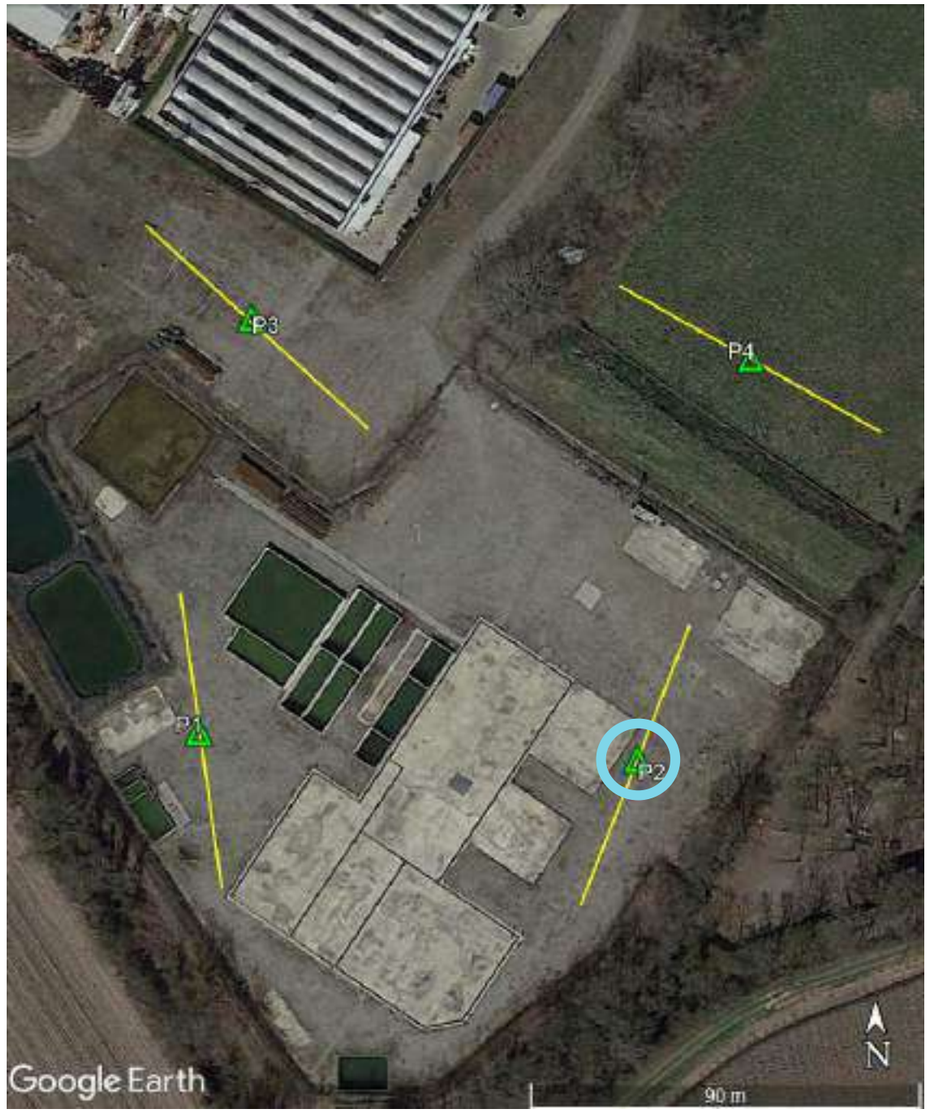


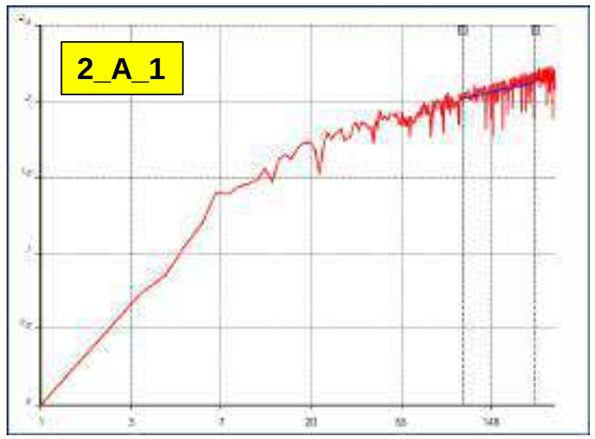
Techgea GEOPHYSICS	*TEST PIT 2* ***Thermal resistivity of the soil***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 7

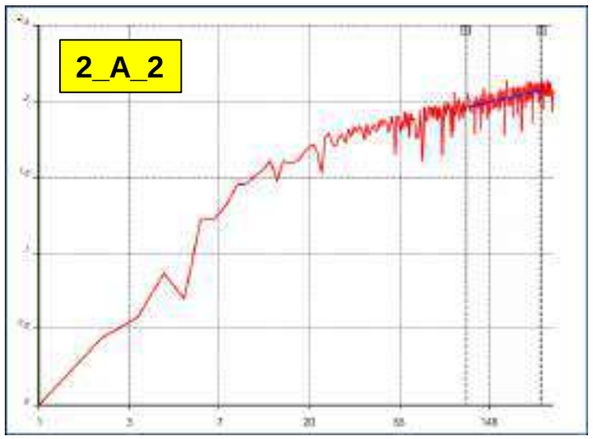
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

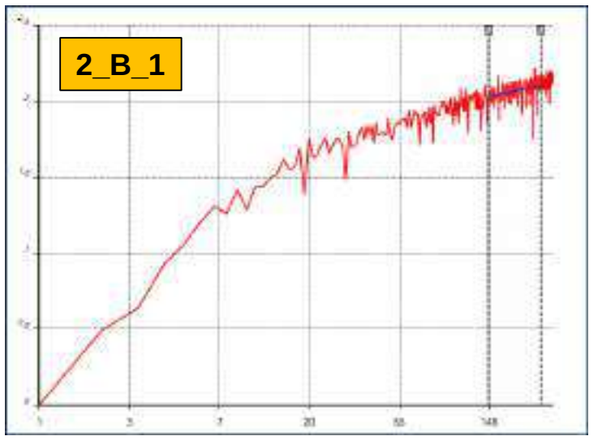
Test PIT 2	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**2.60**	**3.29**	**2.78**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.30**	**0.39**	**0.36**

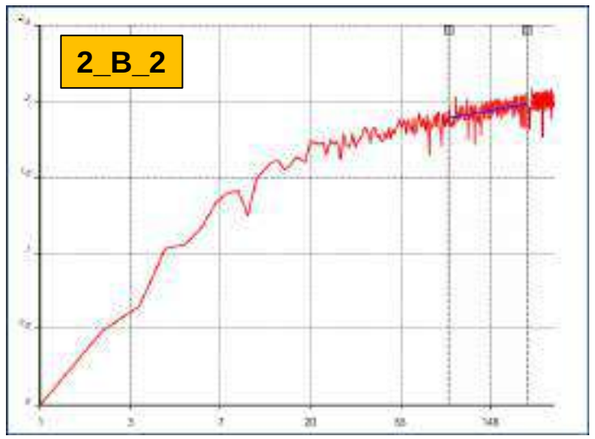
Test PIT 2		2_A_1	2_A_2	2_B_1	2_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	108	114	146	93
Time t2	s	240	263	261	222
Temperature T1	°C	12.07	12.17	11.97	12.05
Temperature T2	°C	12.22	13.35	12.09	12.17
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	2.596	2.611	2.643	3.288
Thermal resistivity	mK/W	0.385	0.383	0.378	0.304
Start Temperature	°C	10.08	10.23	9.98	10.2
End Temperature	°C	12.16	12.3	12.15	12.17









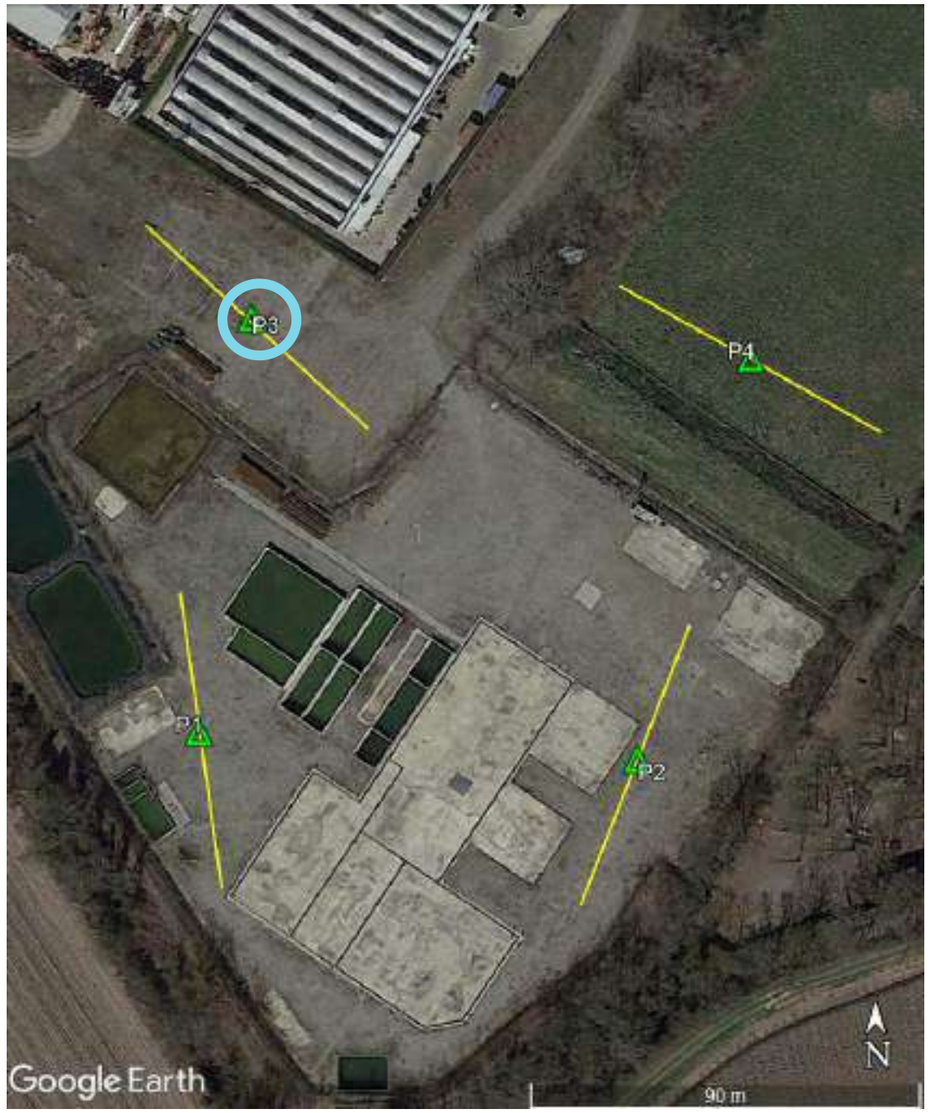


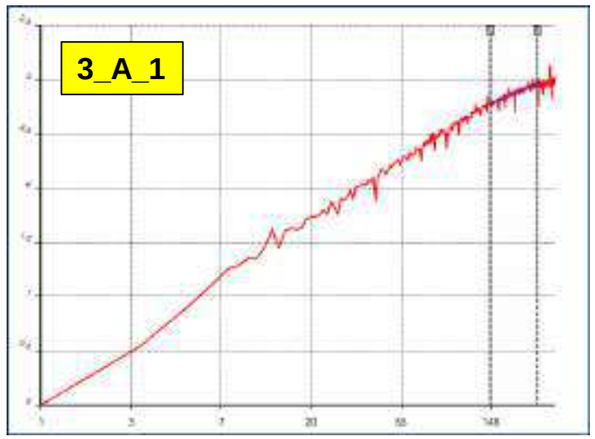
Techgea GEOPHYSICS	*TEST PIT 3* ***Thermal resistivity of the soil***	Client:	ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site:	Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date:	December 2023	Drawing: 8

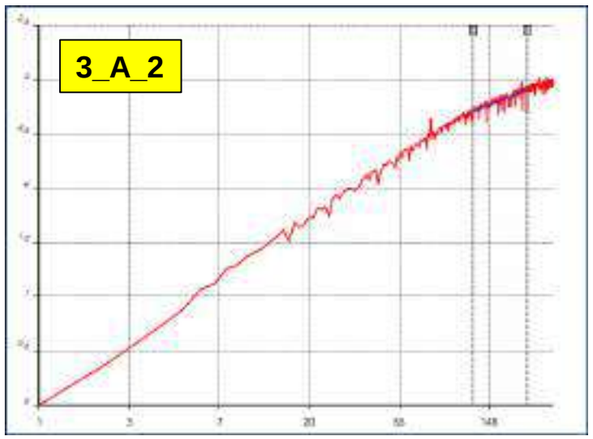
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

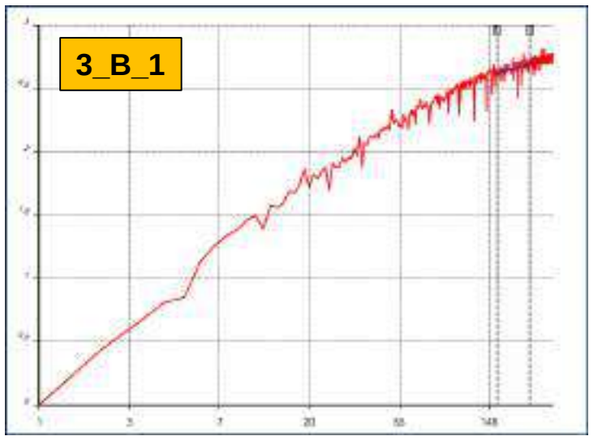
Test PIT 3	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**0.97**	**1.83**	**1.41**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.55**	**1.04**	**0.77**

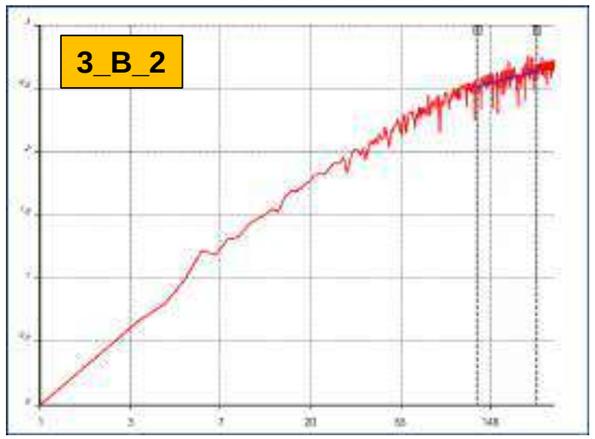
Test PIT 3		3_A_1	3_A_2	3_B_1	3_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	146	123	161	128
Time t2	s	247	224	232	247
Temperature T1	°C	13.05	12.82	12.75	12.69
Temperature T2	°C	13.23	13.17	12.83	12.77
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	0.966	1.049	1.798	1.832
Thermal resistivity	mK/W	1.035	0.953	0.556	0.546
Start Temperature	°C	10.26	10.23	10.1	10.2
End Temperature	°C	13.28	13.16	12.88	12.93









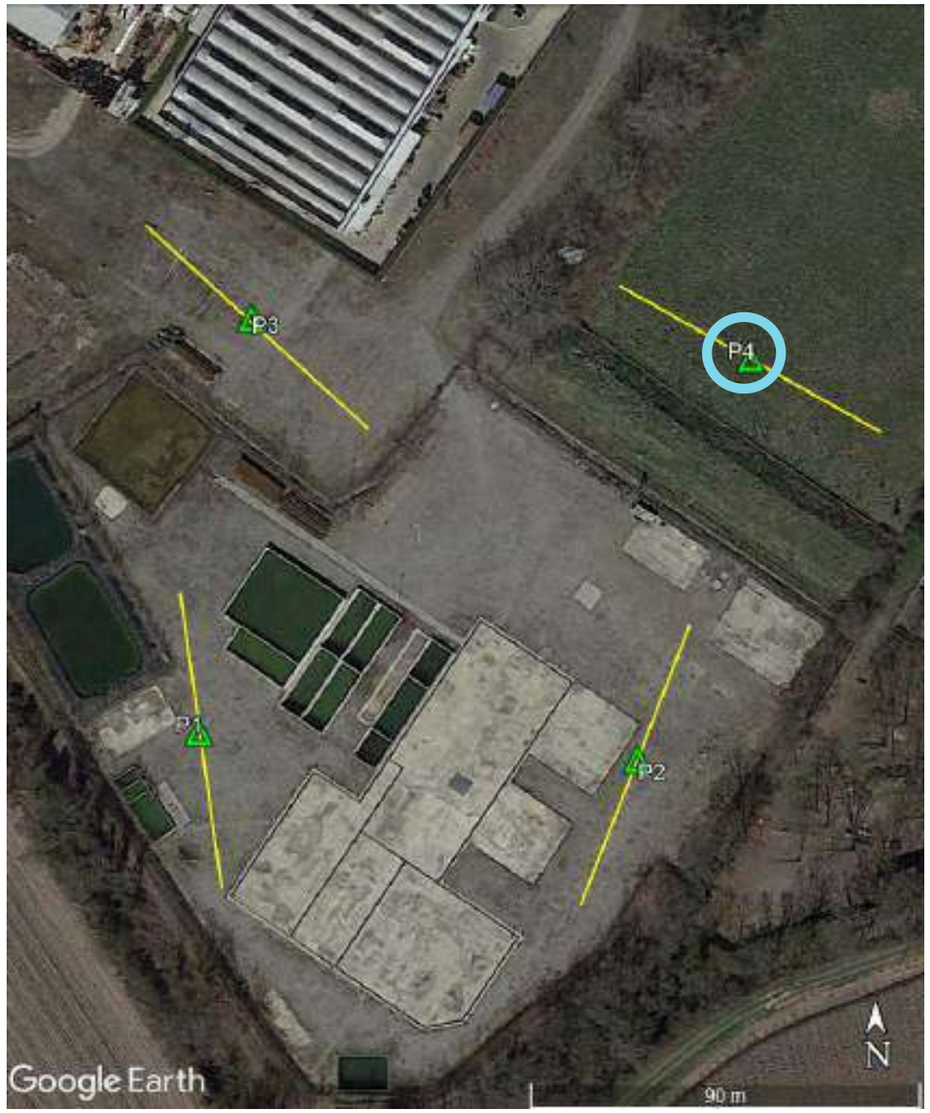


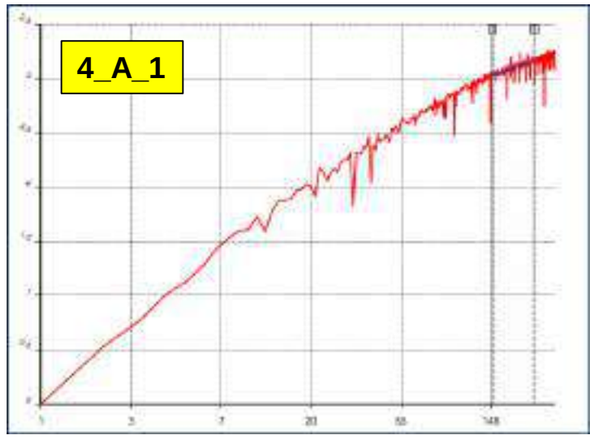
Techgea GEOPHYSICS	*TEST PIT 4* ***Thermal resistivity of the soil***	Client: ARCADIS Italia S.r.l.	Report: 23-421
		Site: Zibido San Giacomo (MI)	Revision: 0
		Date: December 2023	Drawing: 9

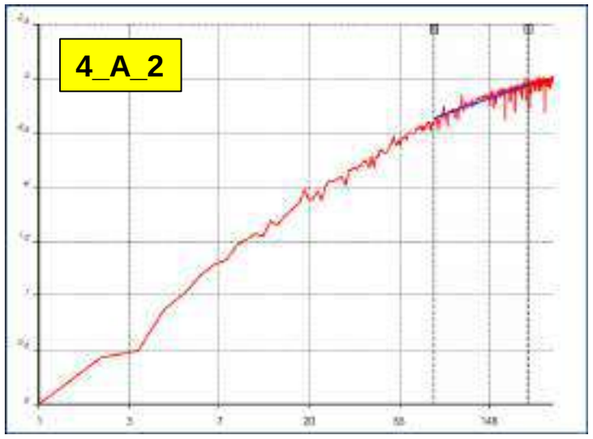
Parameter	Unit	Setting
Resistivity/probe	Ohm/m	83.53
Voltage	V	4
Power	W/m	4.43027
Time	s	300

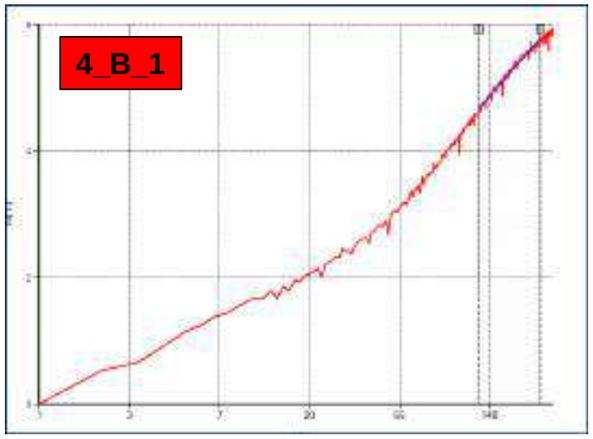
Test PIT 4	Unit	MIN	MAX	AVG
Thermal conductivity	**W/mK**	**1.19**	**1.20**	**1.19**
Thermal resistivity	**mK/W**	**0.84**	**0.84**	**0.84**

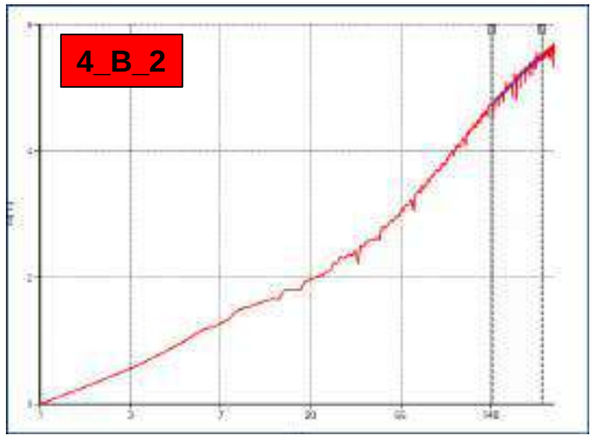
Test PIT 4		4_A_1	4_A_2	4_B_1	4_B_2
Parameter	**Unit**	**Calculated parameters**			
Time t1	s	150	80	131	151
Time t2	s	238	227	259	262
Temperature T1	°C	14.15	13.96	15.64	16.12
Temperature T2	°C	14.26	14.36	16.76	16.78
Parameter	**Unit**	**Results**			
Thermal conductivity	W/mK	1.194	1.195	0.217	0.245
Thermal resistivity	mK/W	0.838	0.837	4.6	4.086
Start Temperature	°C	11.09	11.38	10.99	11.35
End Temperature	°C	14.17	14.39	16.92	16.98











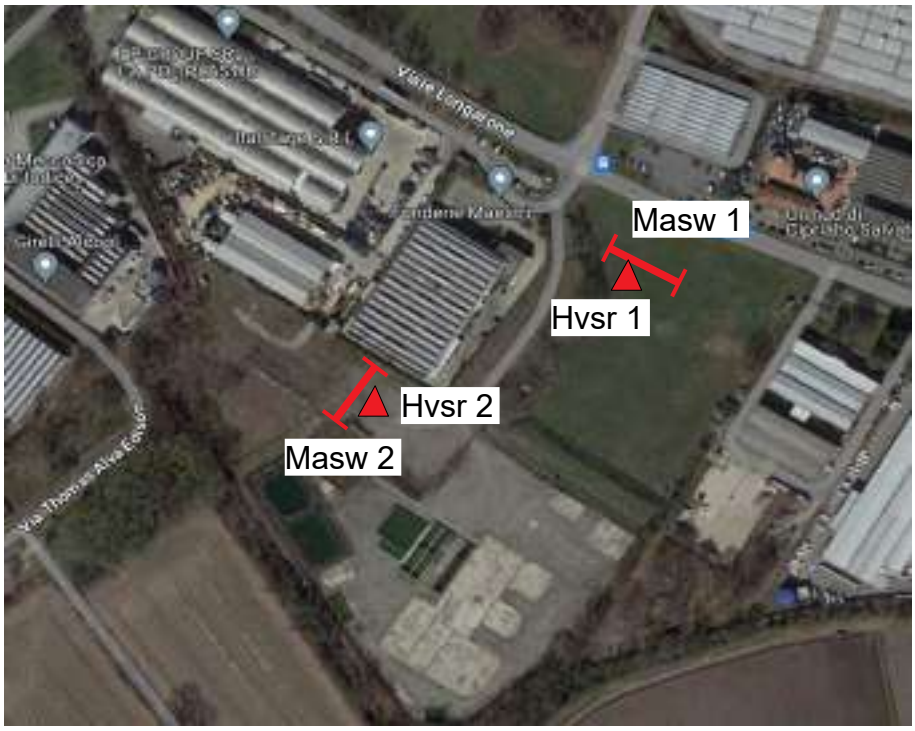


Figura 2 – Ubicazione profili sismici (linee rosse) e registrazioni HVSR (triangoli rossi)

3 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA

3.1 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW 1

Figura 3 – dettaglio profilo sismico

3.2 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI MASW 1

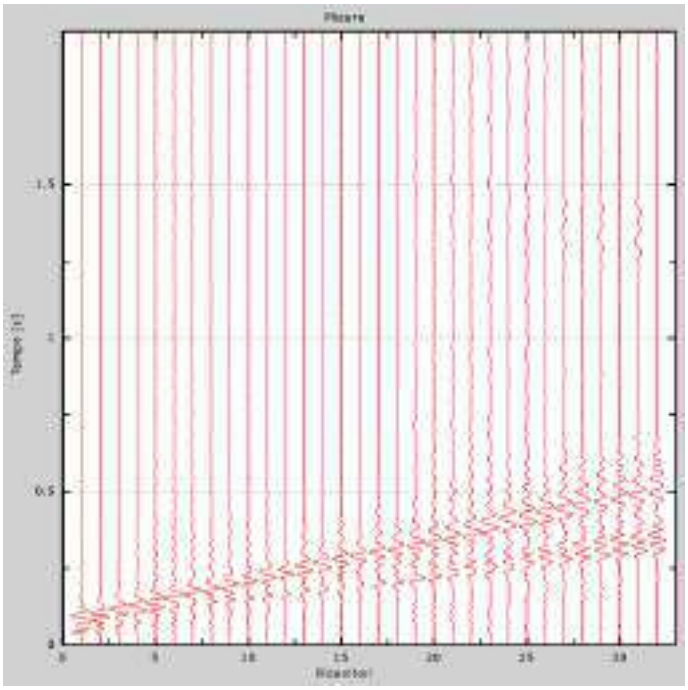


Figura 4 – Tracce sperimentali indagine attiva

3.3 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE PASSIVA

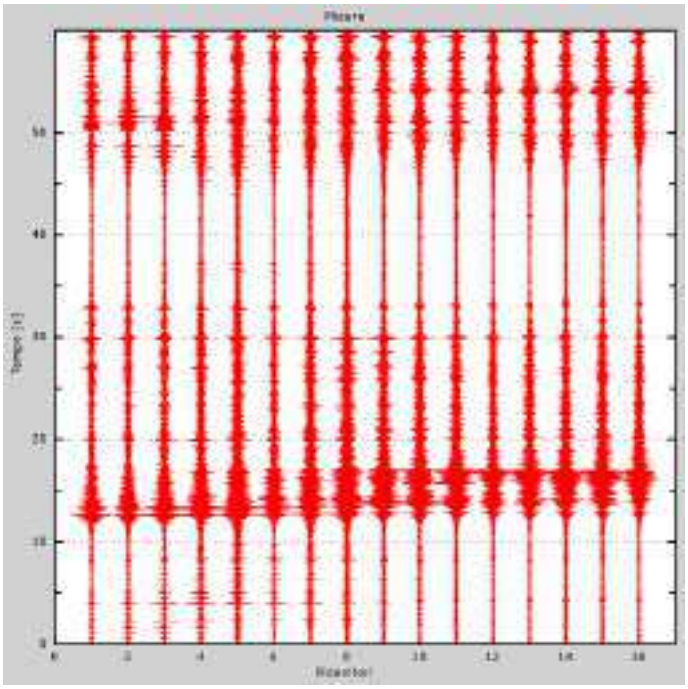


Figura 5 - tracce sperimentali indagine passiva

3.4 RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE

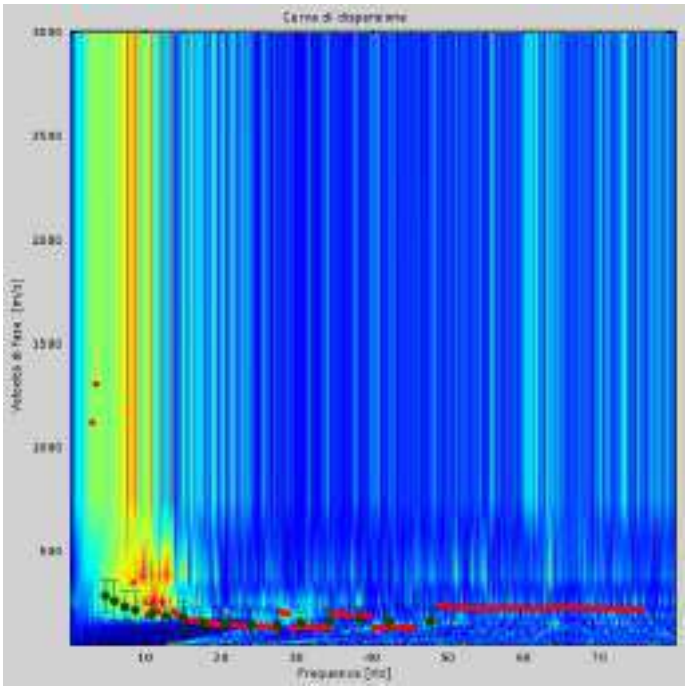


Figura 6 - Curva di dispersione sperimentale

3.5 ANALISI DEL PROFILO DELLE VELOCITA'

Dall'esecuzione dell'indagine sismica è emersa la seguente successione della velocità delle onde sismiche.

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]
Strato 1	1,5	-1,5	208
Strato 2	2,0	-3,5	150
Strato 3	3,0	-6,5	191
Strato 4	8,0	-14,5	259
Strato 5	5,0	-19,5	288
Strato 6	11,0	-30,5	318
Strato 7	/	-∞	379

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati.

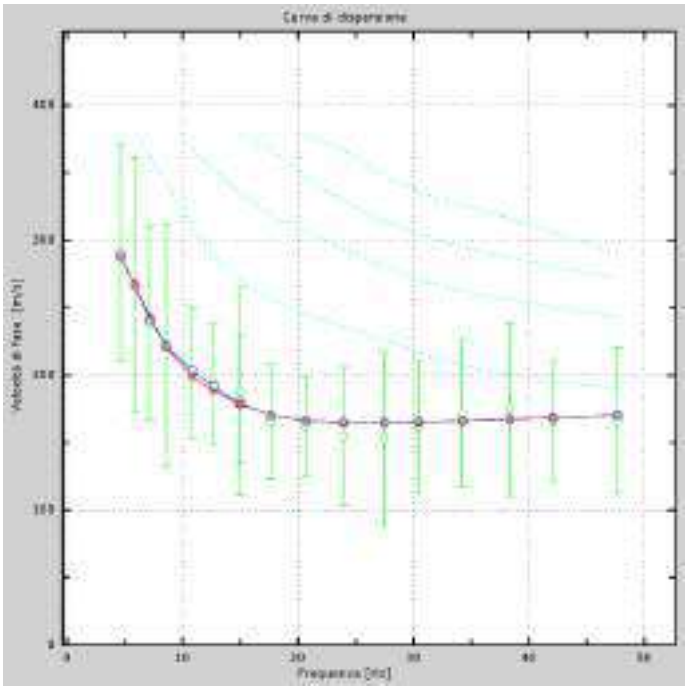


Figura 7 - Velocità numeriche
(Punti sperimentali - verde, modi di Rayleigth - ciano, curva apparente - blu, curva numerica – rosso)

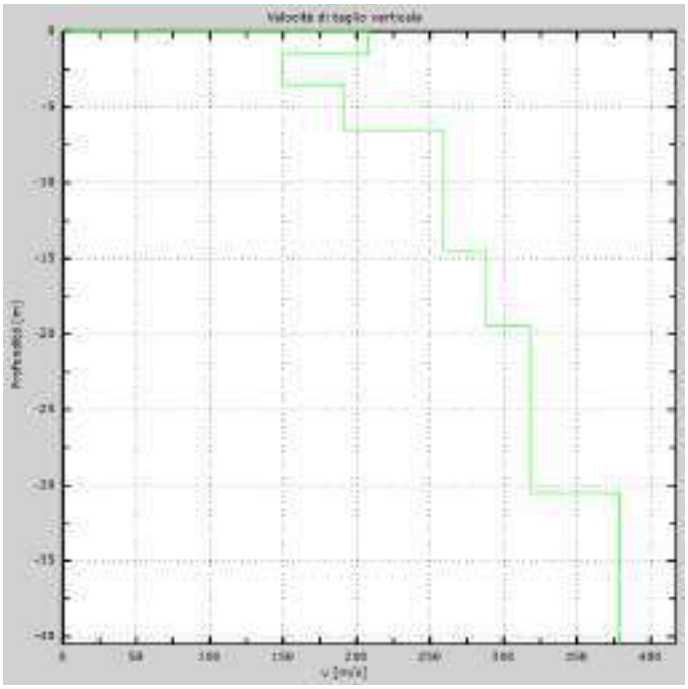


Figura 8 – Profilo verticale di velocità delle Vs

3.6 DETERMINAZIONE DELLE VS30 E DELLA CATEGORIA DI SUOLO

L'indagine sismica, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di -30,00 metri da p.c., ha permesso la determinazione della velocità delle Vs_{eq}, ricavata dalla formula riportata nel D.M. 17 del 17 Gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni":

$$V_{S,eq} \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove hi e VS,i rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio attraverso lo strato i-esimo entro 30 metri di profondità. H rappresenta la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore:

Vs_{eq} = 255 m/s

I terreni di fondazione interessati dalla progettazione sismica, come prescritto al paragrafo 3.2.2 dal D.M. 17 Gennaio 2018, appartengono a:

suolo di fondazione di tipo C

ovvero, come definito in Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo): Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs Equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s .

3.7 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLA PROVA HVSR 1

Figura 9 – dettaglio posizionamento prova HVSR 1

3.8 TRACCIATI SISMICI DELLA PROVA HVSR

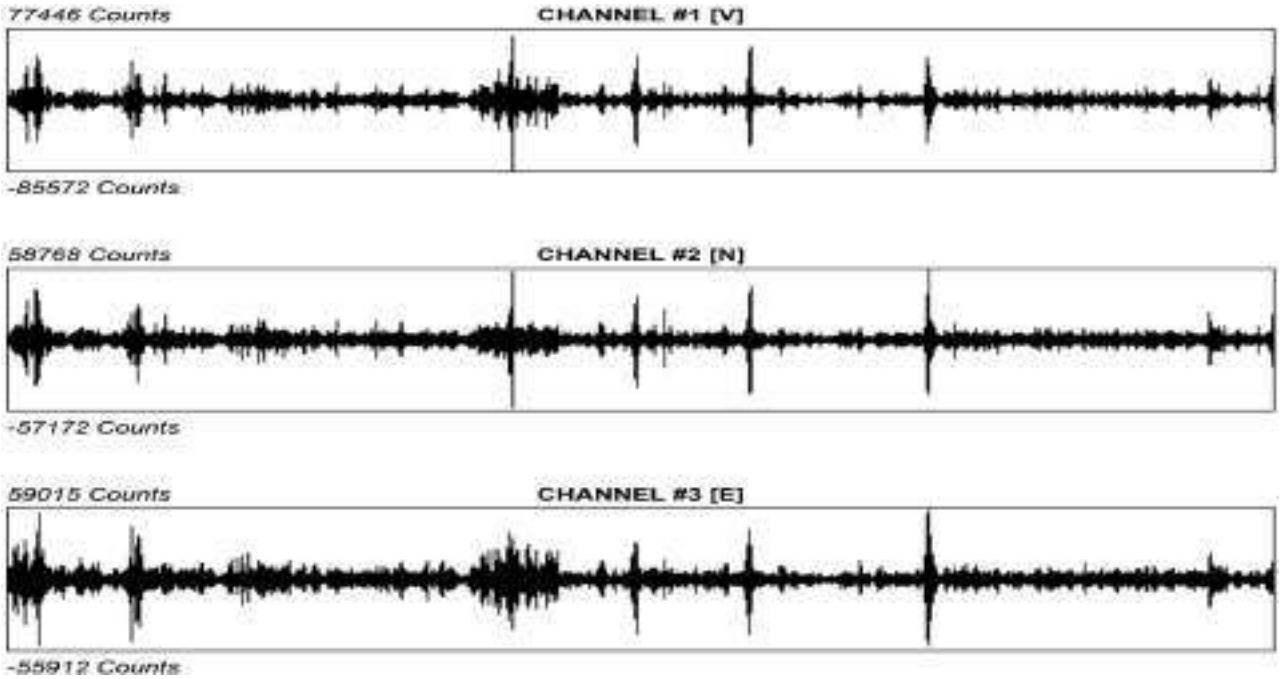


Figura 10 – tracciati sismici prova HVSR 1

3.9 SPETTRI DELLE TRE COMPONENTI

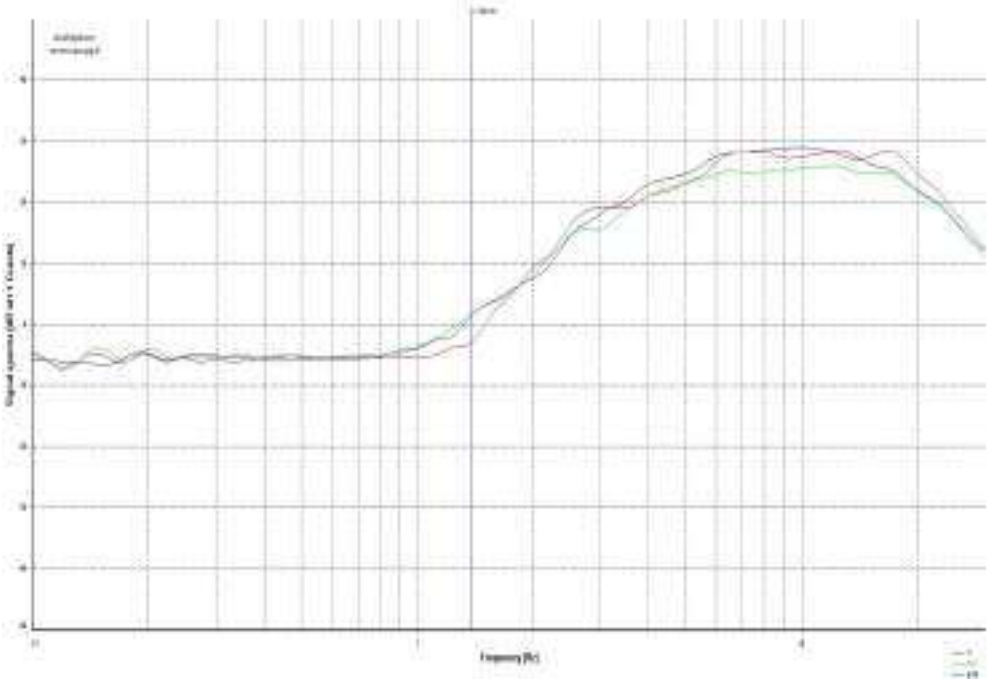


Figura 11 – Spettro componenti Z, N, E

3.10 CURVA DEL RAPPORTO h/v PROVA HVSR 1

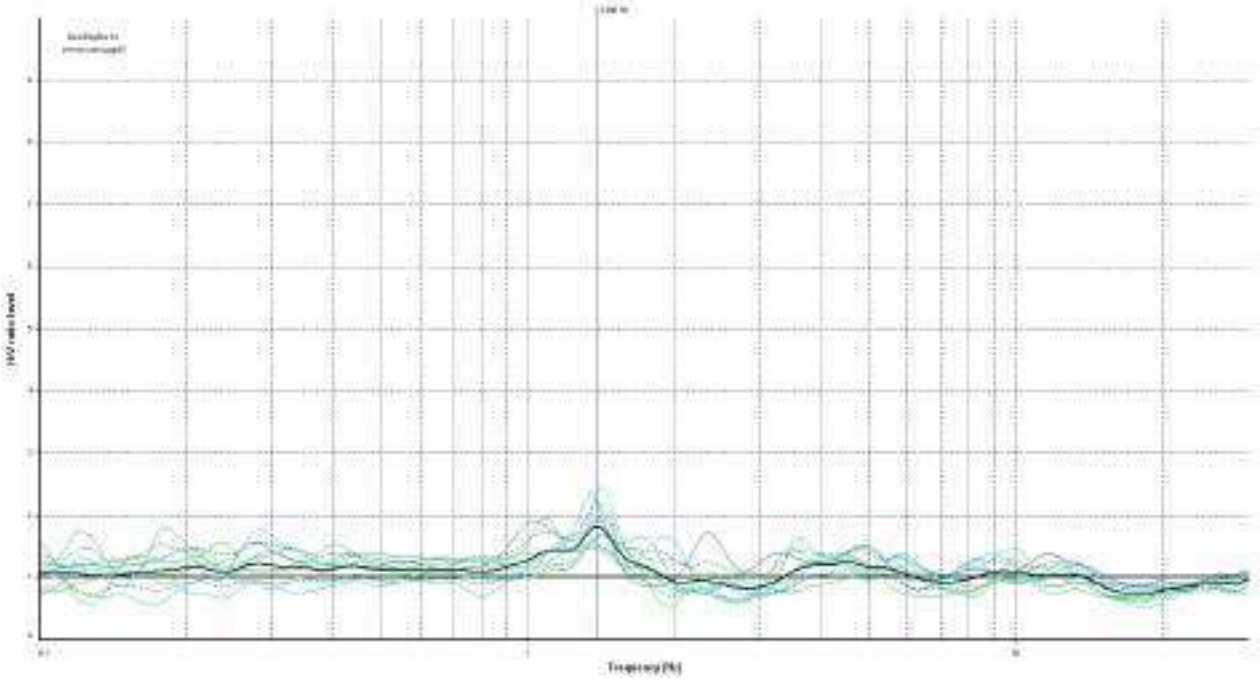


Figura 12 – Curva H/V prova HVSR 1

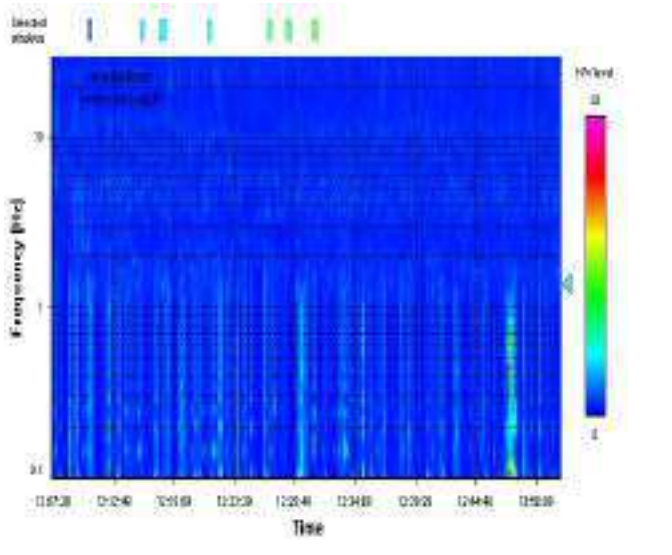
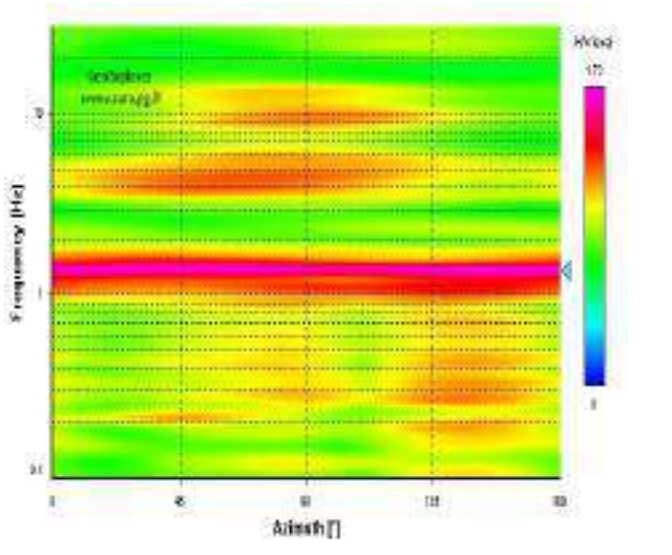
Grafico di Stazionarietà	Grafico di Direzionalità
	

Figura 13 – Grafici di stazionarietà e direzionalità prova HVSR 1

Criteri ammissibilità curva HV	
	Picco f0
Criterio 1	OK
Criterio 2	OK
Criterio 3	OK
Criterio 4	NO
Criterio 5	OK
Criterio 6	NO
Criterio 7	OK

Parametri	Valore
Finestra temporale	20 s
Frequenza massima	20 hz
Numero di Campioni	40
f0	1,380
A0	1,823

3.11 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW 2

Figura 14 – dettaglio profilo sismico

3.12 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI MASW 2

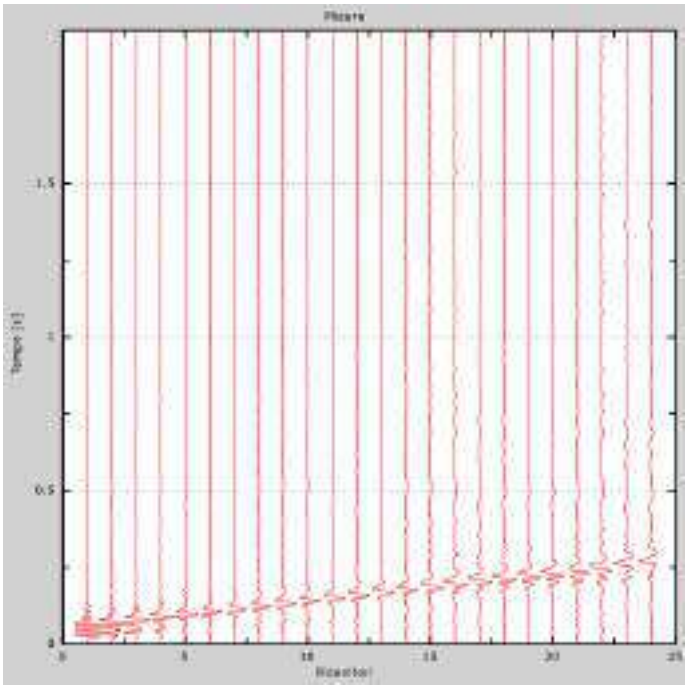


Figura 15 – Tracce sperimentali indagine attiva

3.13 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE PASSIVA

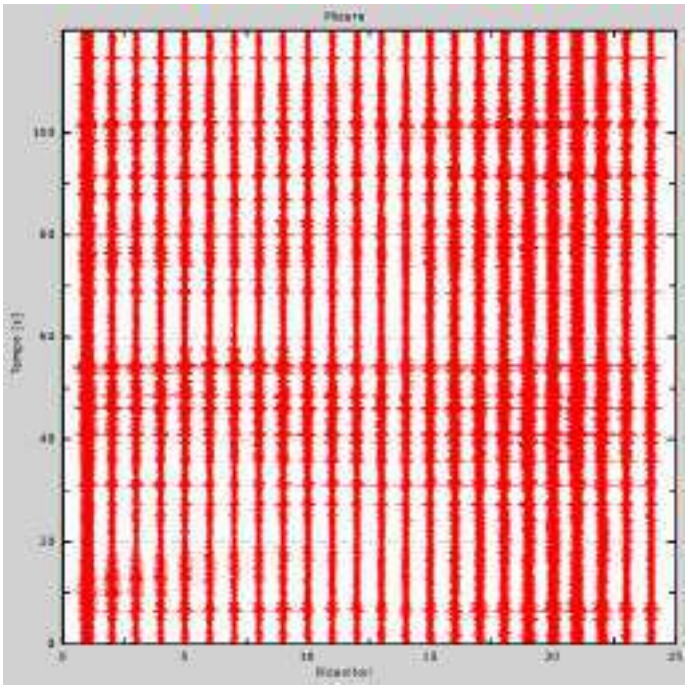


Figura 16 - tracce sperimentali indagine passiva

3.14 RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE

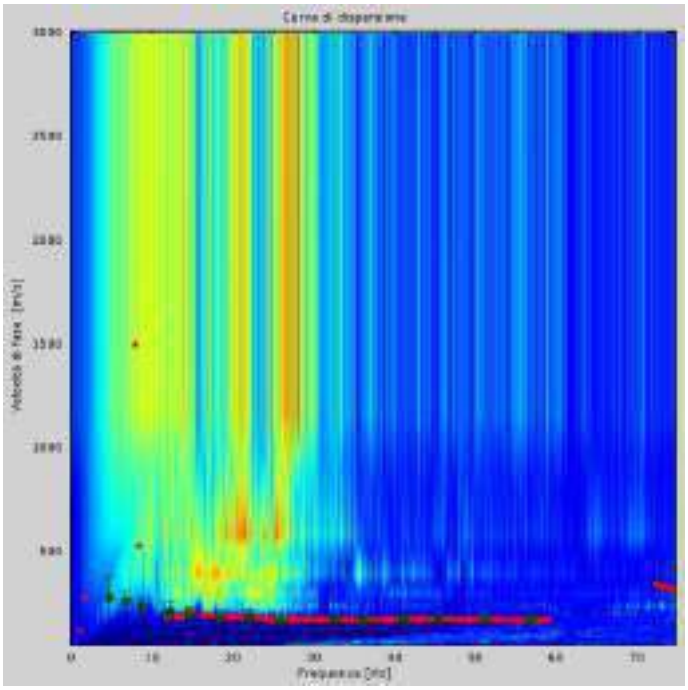


Figura 17 - Curva di dispersione sperimentale

3.15 ANALISI DEL PROFILO DELLE VELOCITA'

Dall'esecuzione dell'indagine sismica è emersa la seguente successione della velocità delle onde sismiche.

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]
Strato 1	2,0	-2,0	199
Strato 2	3,0	-5,0	183
Strato 3	3,0	-8,0	239
Strato 4	4,0	-12,0	251
Strato 5	9,0	-21,0	295
Strato 6	11,0	-32.0	315
Strato 7	/	-∞	379

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati.

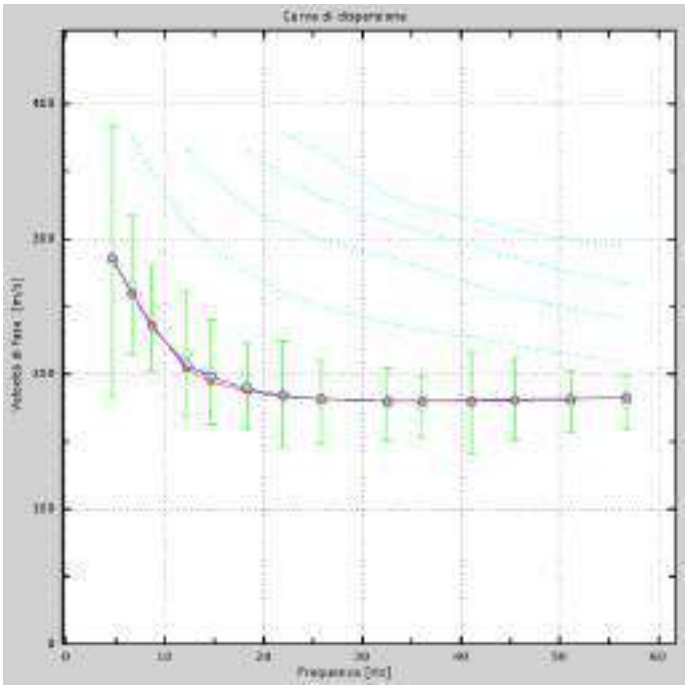


Figura 18 - Velocità numeriche
(Punti sperimentali - verde, modi di Rayleigth - ciano, curva apparente - blu, curva numerica – rosso)

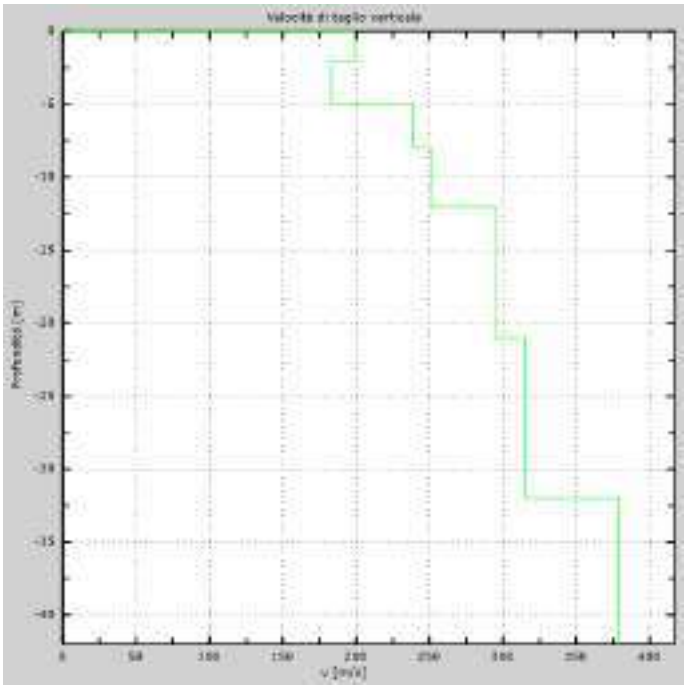


Figura 19 – Profilo verticale di velocità delle Vs

A.3 Campagna indagini – SoilData Services, 2014

ALLEGATO 1

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

– STRATIGRAFIA –

SoilData Services S.r.l.
Via M. Greppi, 34/A
23899 - Robbiate (LC)
039.39280280

PROJECT: Appenine Energy S.p.A
Permesso di Ricerca Badile
Pozzo Moirago 1DIR

DATE: 12/09/2014
Drill: 127/101
Prepared by: R. P.

GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG

Elevation:
Location: Zibido San Giacomo (MI)

S1

Depth (m)	Technical log & Sampling	Ground water table	Stratigraphy	Soil description & Classifiaction	Classification
1		1.10		Sabbia con ghiaia debolmente limosa nocciola	
2					
3					
4	1.0				
5				Sabbia da medio grossolana a media, debolmente ghiaiosa, a luoghi debolmente limosa, nocciola	
6					
7					
8	2.0				
9					
10					
11					
12				Sabbia da media a medio-fine nocciola	
13				Sabbia media debolmente ghiaiosa nocciola	
14	3.0			Limo sabbioso grigio-nocciola.	
15				Sabbia con ghiaia da medio-grossolana a grossolana, a luoghi debolmente limosa	
16					
17					
18	4.0			Sabbia ghiaiosa debolmente limosa nocciola ocraceo	
19					
20					
21					
22	5.0			Limo sabbioso nocciola	
23				Sabbia medio fine nocciola ocraceo, localmente debolmente limosa	
24		24.00			

Continued

Depth (m)	Standard Penetration Test (Blows per 15cm; N (blows/30cm) 0 10 20 30 40 50)	Grain size analysis: Gravel	Sand	Fines < 76 µm	Clay < 2 µm	% Organics	Atterberg lim.: Liquit limit WL	Plastic limit WP	Plasticity index IP	Physical Characteristics: Water content w%	Bulk density g	Dry density gd	Spec. density G	Void ratio e	Saturat. degree Sr%	Vane Test: Cu	(remoulded) Cu,r	Strength (kPa) qu	Shear Test: phi' deg	c' kPa	Triaxial Compression Test: Test type	phi deg	c kPa	phi' deg	c' kPa	1D Consolidation Test: Cc	Cs	Cv cm²/s	M MPa	Pc kPa	Depth (m)
1																															1
2																															2
3																															3
4																															4
5																															5
6																															6
7																															7
8																															8
9																															9
10																															10
11																															11
12																															12
13																															13
14																															14
15																															15
16																															16
17																															17
18																															18
19																															19
20																															20
21																															21
22																															22
23																															23
24																															24

Drawing scale: 1/100

ABBREVIATIONS

D: Disturbed core barel sample
C: Dry core barrel sample
U: Undisturbed stationary double tube sample
N: Split spoon sample

g: Bulk density (kN/m³)
gd: Dry density (kN/m³)
G: Specific density (kN/m³)
Cu - Cu,r: Undrained strength form VST (kPa)
qu: Unconfined compression strength (kPa)

CU: Consolidated sample, undrained loading conditions
UU: Unconsolidated sample, undrained loading conditions
CUPP: Consolidated sample, undrained loading conditions with pore pressure measurements
CD: Consolidated sample, drained loading conditions
phi, c: Friction angle, cohesion (total values)

phi', c': Friction angle, cohesion (effective values)
Cc, Cs: Compression index (loading, unloading)
Cv: Consolidation coefficient
M: Compression modulus
Pc: Effective preconsolidation stress

SoilData Services S.r.l.
Via M. Greppi, 34/A
23899 - Robbiate (LC)
039.39280280

PROJECT: Appenine Energy S.p.A
Permesso di Ricerca Badile
Pozzo Moirago 1DIR

DATE: 12/09/2014
Drill: 127/101
Prepared by: R. P.

GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG

Elevation:
Location: Zibido San Giacomo (MI)

S1

Depth (m)	Technical log & Sampling	Ground water table	Stratigraphy	Soil description & Classifiaction	Classification
25		24.00		Sabbia medio fine nocciola ocreacea, localmente debolmente limosa	
26					
27					
28	6.0				-
29					
30					
31				Limo da debolmente sabbioso a sabbioso grigio-nocciola	
32				Sabbia da media a fine, debolmente limosa grigio-nocciola con sporadiche screezie verso fondo.	-
33					
34	7.0				-
35		35.00			

35.00 m : End of borehole.

Depth (m)	Standard Penetration Test (Blows per 15cm; N (blows/30cm) 0 10 20 30 40 50)	Grain size analysis: Gravel	Sand	Fines < 76 µm	Clay < 2 µm	% Organics	Atterberg lim.: Liquit limit WL	Plastic limit WP	Plasticity index IP	Physical Characteristics: Water content w%	Bulk density g	Dry density gd	Spec. density G	Void ratio e	Saturat. degree Sr%	Vane Test: Cu	(remoulded) Cu,r	Strength (kPa) qu	Shear Test: phi' deg	c' kPa	Triaxial Compression Test: Test type	phi deg	c kPa	phi' deg	c' kPa	1D Consolidation Test: Cc	Cs	Cv cm²/s	M MPa	Pc kPa	Depth (m)
25																															25
26																															26
27																															27
28																															28
29																															29
30																															30
31																															31
32																															32
33																															33
34																															34
35																															35

Drawing scale: 1/100

ABBREVIATIONS

D: Disturbed core barel sample
C: Dry core barrel sample
U: Undisturbed stationary double tube sample
N: Split spoon sample

g: Bulk density (kN/m³)
gd: Dry density (kN/m³)
G: Specific density (kN/m³)
Cu - Cu,r: Undrained strength form VST (kPa)
qu: Unconfined compression strength (kPa)

CU: Consolidated sample, undrained loading conditions
UU: Unconsolidated sample, undrained loading conditions
CUPP: Consolidated sample, undrained loading conditions with pore pressure measurements
CD: Consolidated sample, drained loading conditions
phi, c: Friction angle, cohesion (total values)

phi', c': Friction angle, cohesion (effective values)
Cc, Cs: Compression index (loading, unloading)
Cv: Consolidation coefficient
M: Compression modulus
Pc: Effective preconsolidation stress

ALLEGATO 2

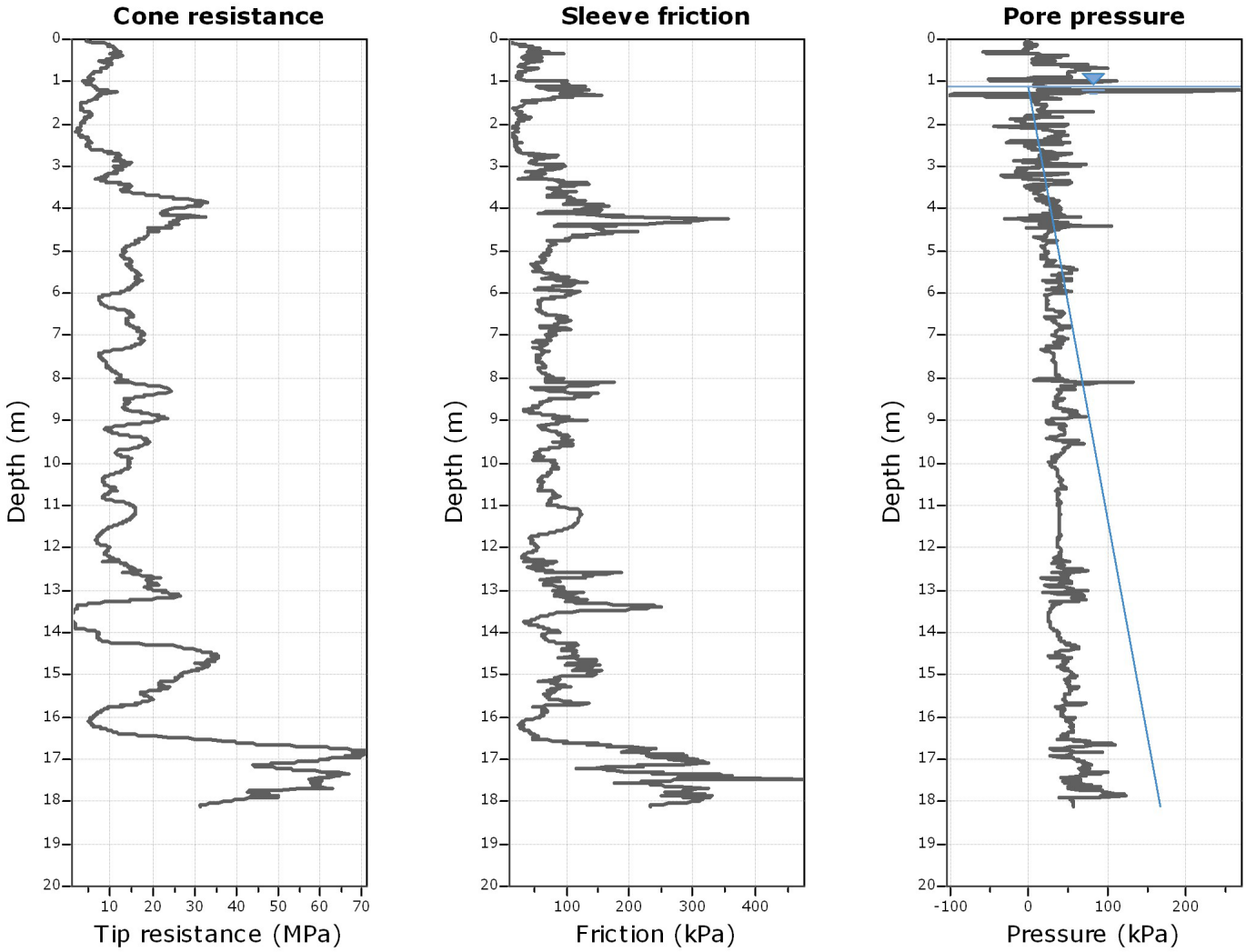
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

– RISULTATI –

CPT: CPTU-01

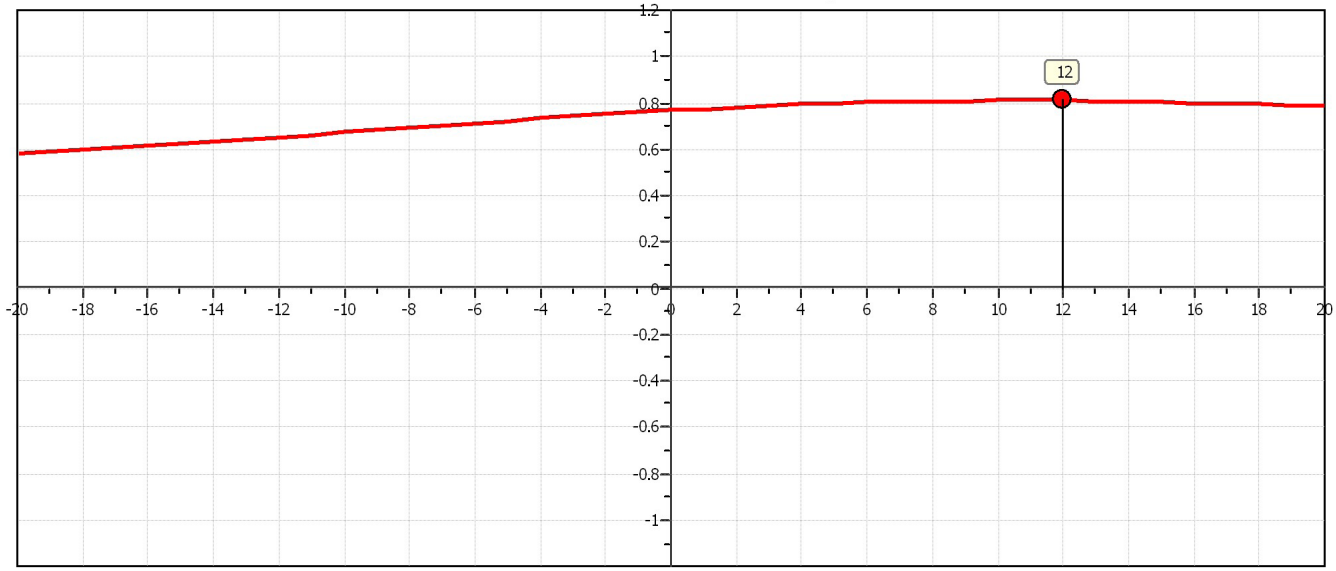
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

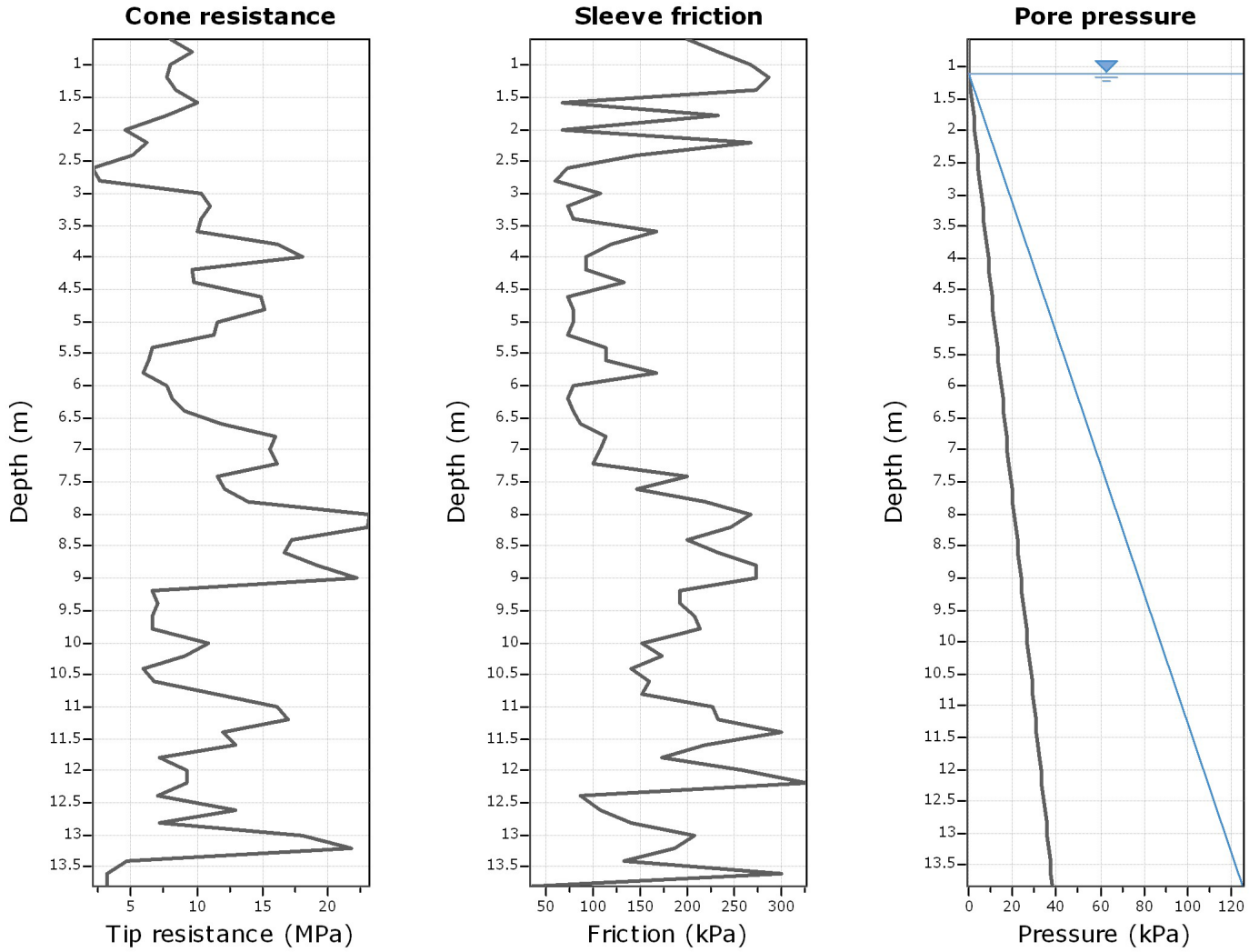
Cross correlation between qc & fs



CPT: CPT-02

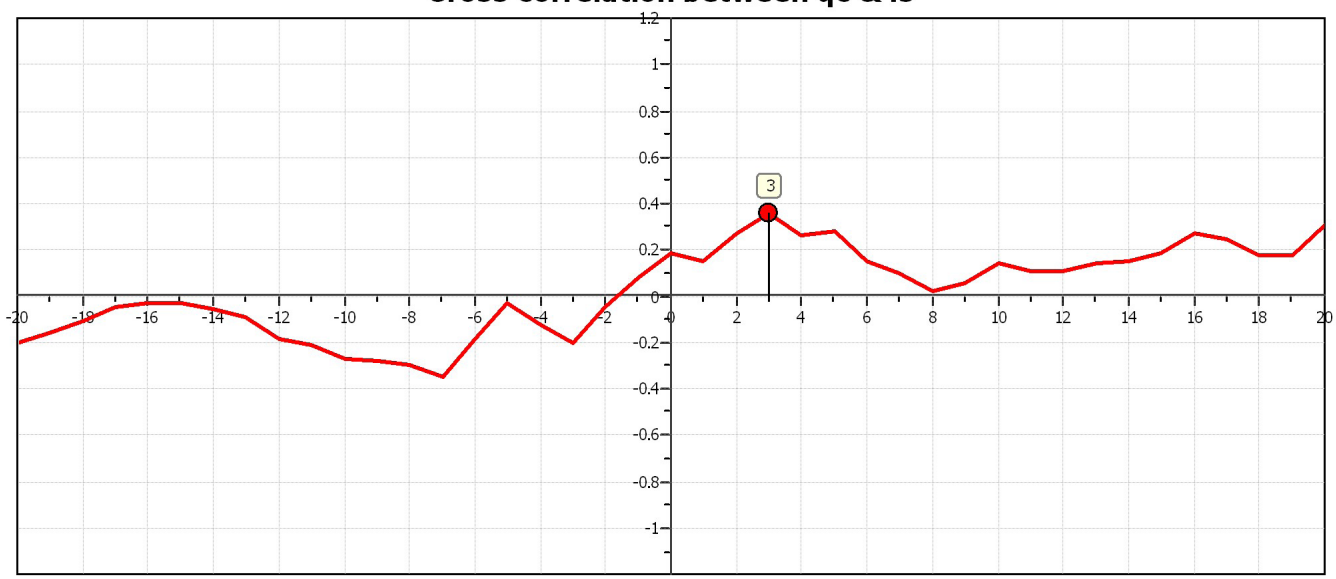
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

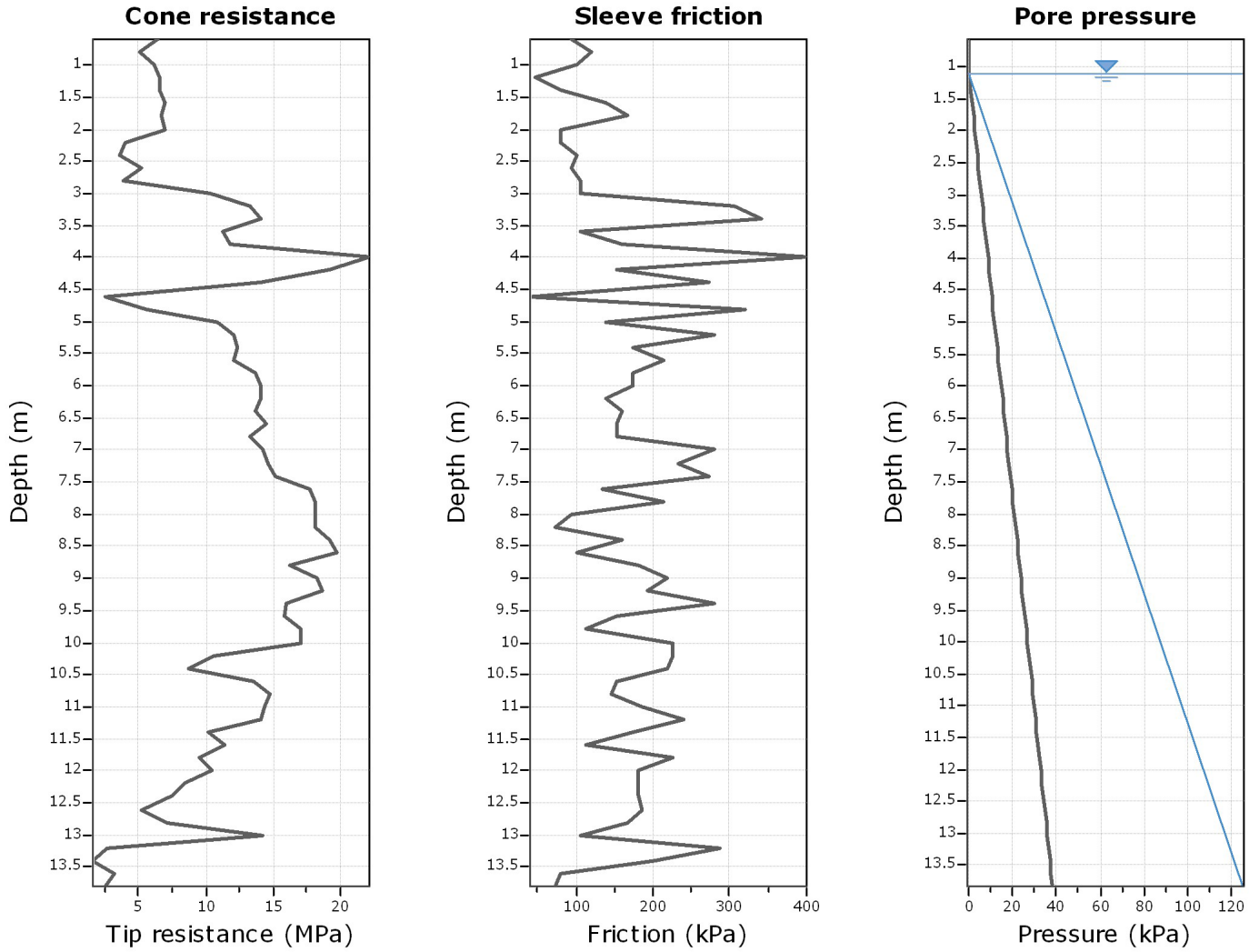
Cross correlation between qc & fs



CPT: CPT-03

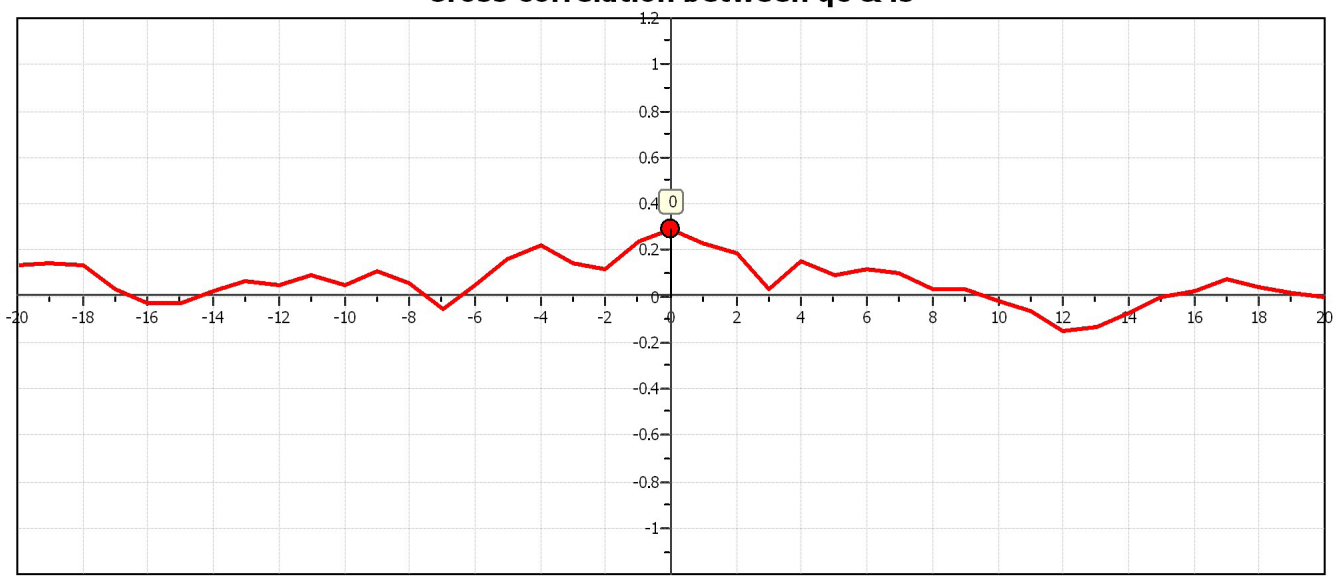
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

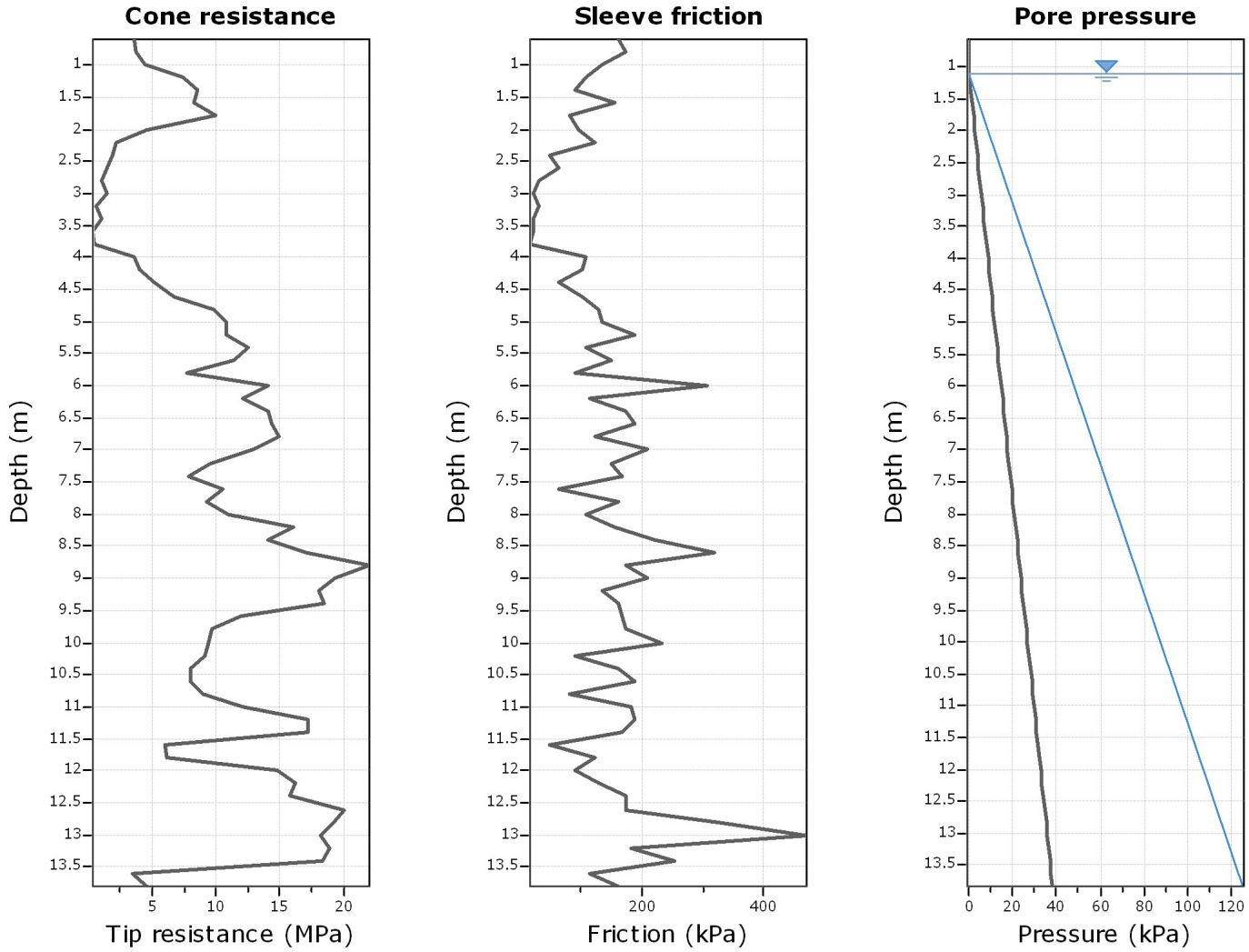
Cross correlation between qc & fs



CPT: CPT-04

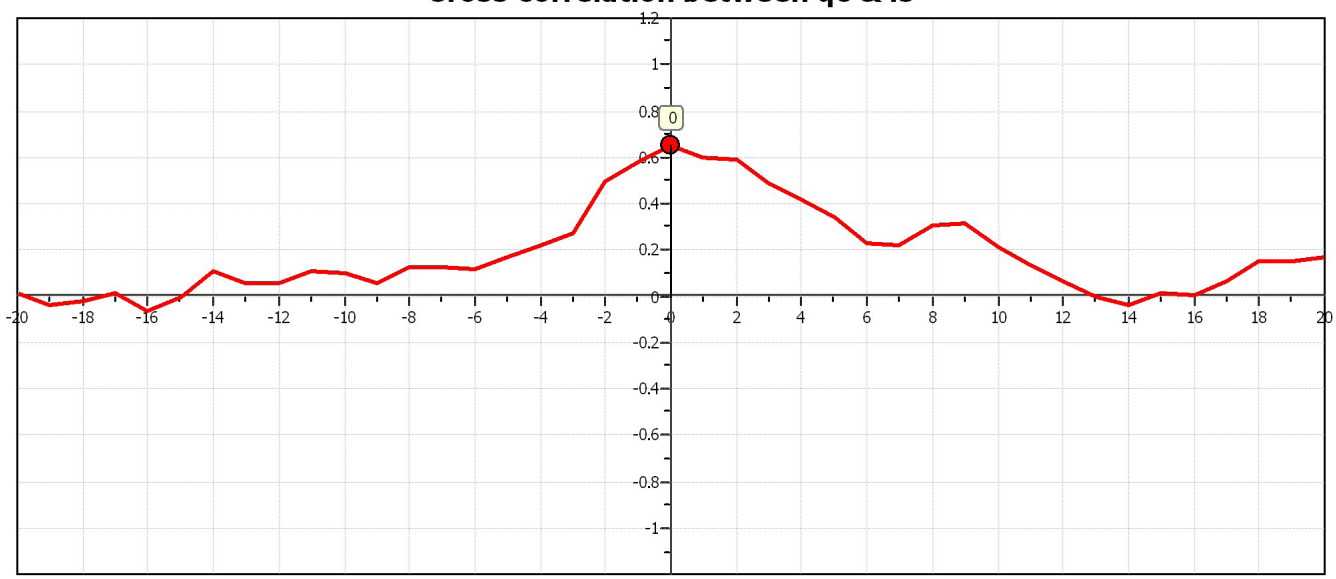
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs

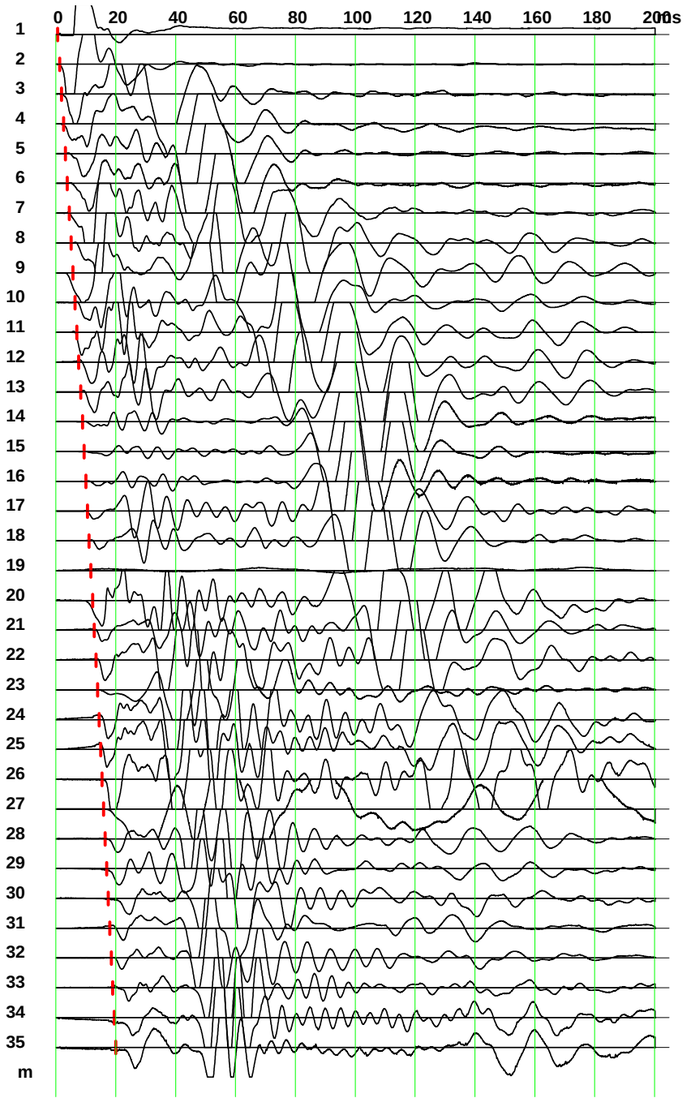


ALLEGATO 3

PROSPEZIONE SISMICA DOWN-HOLE

– RISULTATI –

Sismogramma onde compressive (P)



Sismogramma onde trasversali (S)

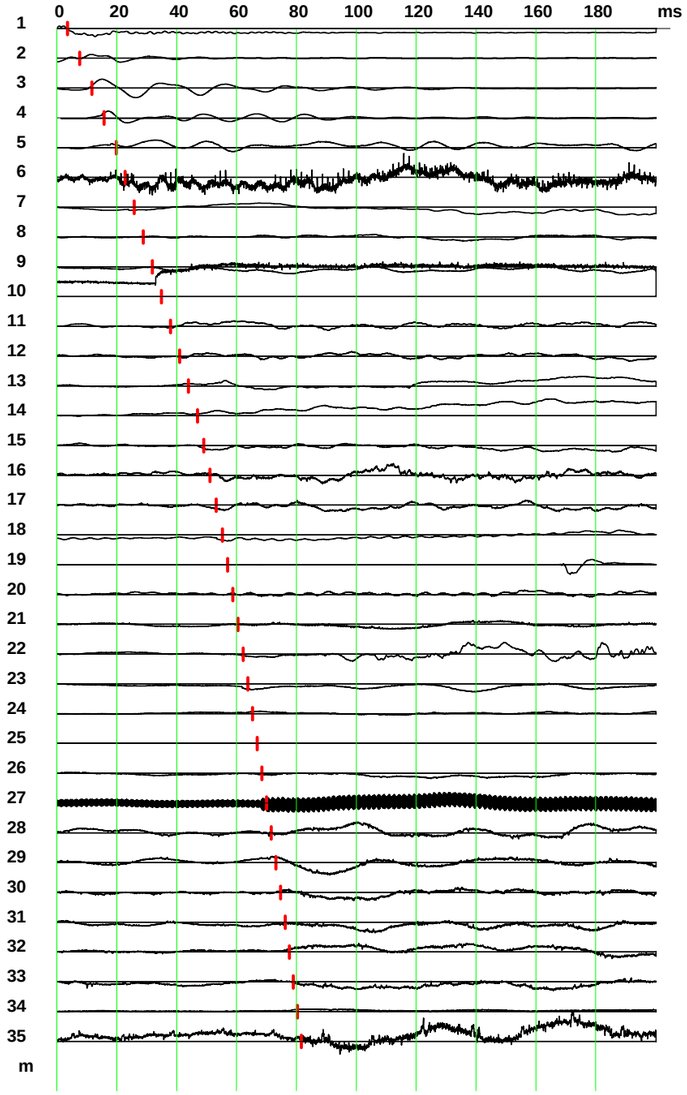
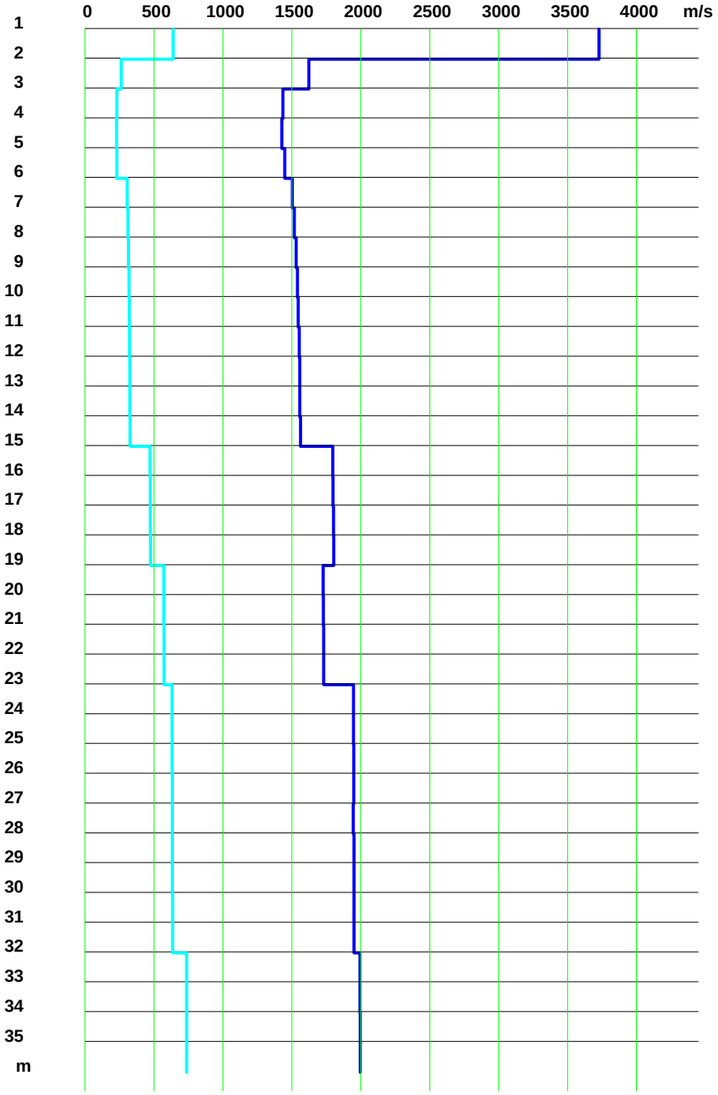


Grafico delle velocità P ed S



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1		.6	3.5	3727	639	5.83	.17	.48	1818	612	1.5
2	2.8	1.3	7.6	1625	264	6.16	.16	.49	352	118	1.7
3	3.6	1.9	11.7	1435	231	6.22	.16	.49	269	90	1.7
4	4.5	2.6	15.7	1429	229	6.25	.16	.49	265	89	1.7
5	5.4	3.2	19.8	1449	232	6.26	.16	.49	287	96	1.8
6	6.3	3.8	22.8	1503	306	4.91	.2	.48	499	169	1.8
7	7.3	4.5	25.8	1518	313	4.86	.21	.48	520	176	1.8
8	8.2	5.1	28.9	1532	317	4.84	.21	.48	534	181	1.8
9	9.2	5.7	31.9	1541	320	4.82	.21	.48	545	184	1.8
10	10.2	6.4	34.9	1546	322	4.8	.21	.48	552	187	1.8
11	11.2	7.	37.9	1553	324	4.8	.21	.48	558	189	1.8
12	12.2	7.6	41.	1557	325	4.79	.21	.48	561	190	1.8
13	13.2	8.3	44.	1558	326	4.78	.21	.48	565	191	1.8
14	14.1	8.9	47.	1563	327	4.79	.21	.48	568	192	1.8
15	15.1	9.5	49.1	1797	472	3.8	.26	.46	1306	446	2.
16	16.1	10.	51.2	1800	474	3.8	.26	.46	1314	449	2.
17	17.1	10.6	53.2	1802	475	3.79	.26	.46	1320	451	2.
18	18.1	11.1	55.3	1804	476	3.79	.26	.46	1325	453	2.
19	19.1	11.7	57.	1728	571	3.02	.33	.44	1879	653	2.
20	20.1	12.3	58.8	1729	572	3.02	.33	.44	1886	655	2.
21	21.1	12.8	60.5	1730	573	3.02	.33	.44	1891	657	2.
22	22.1	13.4	62.2	1731	574	3.02	.33	.44	1896	659	2.
23	23.1	13.9	63.8	1947	632	3.08	.32	.44	2301	798	2.
24	24.1	14.4	65.3	1947	633	3.08	.32	.44	2309	801	2.
25	25.1	14.9	66.9	1948	633	3.08	.32	.44	2310	802	2.
26	26.1	15.4	68.5	1949	634	3.08	.32	.44	2314	803	2.
27	27.1	16.	70.	1946	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
28	28.1	16.5	71.6	1950	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
29	29.1	17.	73.2	1951	635	3.07	.33	.44	2322	806	2.
30	30.1	17.5	74.7	1951	635	3.07	.33	.44	2326	807	2.
31	31.1	18.	76.3	1952	635	3.07	.33	.44	2325	807	2.
32	32.1	18.5	77.7	1995	737	2.71	.37	.42	3086	1086	2.
33	33.1	19.	79.	1995	737	2.71	.37	.42	3089	1087	2.
34	34.1	19.5	80.4	1995	737	2.71	.37	.42	3091	1088	2.
35	35.1	20.	81.7	1996	738	2.71	.37	.42	3093	1088	2.

LEGENDA

Tempo di primo arrivo ai geofoni delle onde P ed S

Velocità delle onde P

Velocità delle onde S

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

Vs30 = 402 m/s

Committente: Soildata s.r.l.

Cantiere di Zibido San Giacomo

Prova sismica Down-Hole - DH1

SISMOGRAMMI P ed S E VELOCITA' SISMICHE

All.2/a	Settembre 2014	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI

Grafico dei parametri E e G

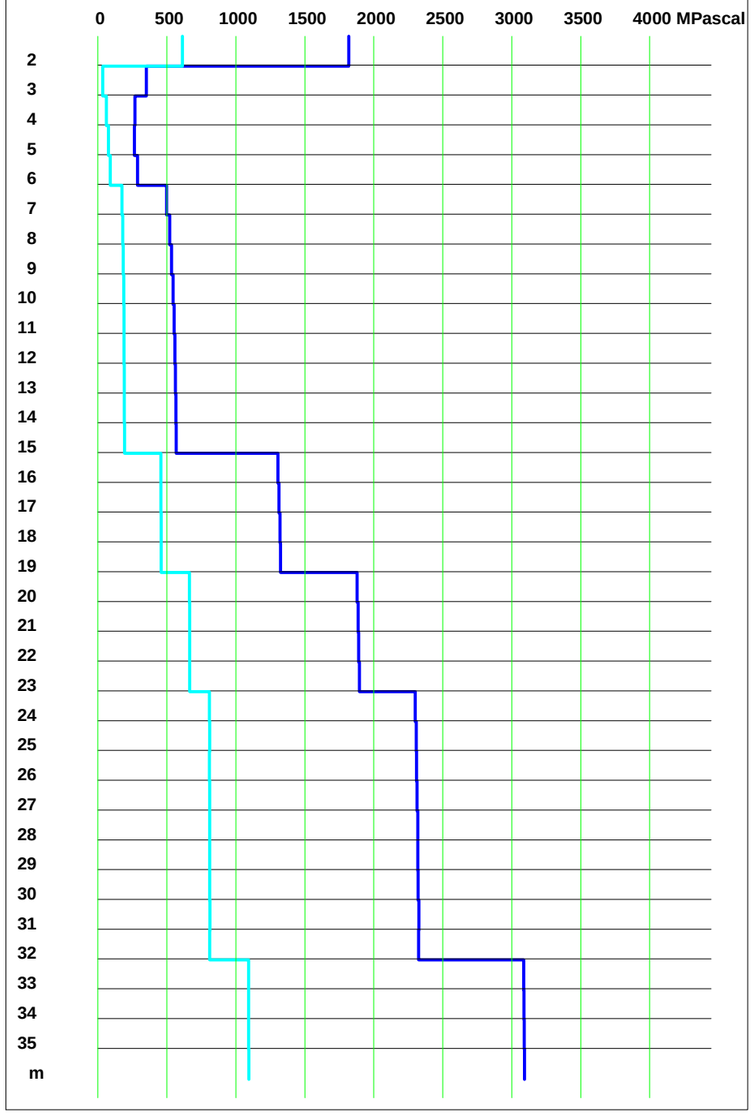


Grafico del coefficiente di Poisson

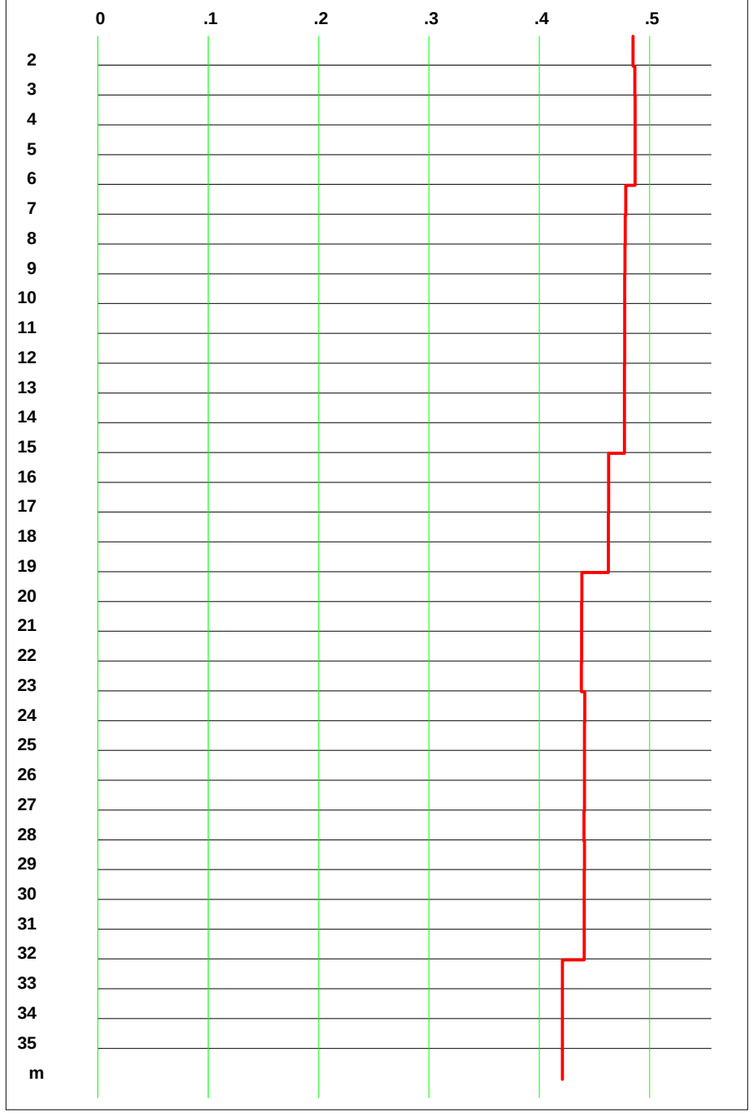
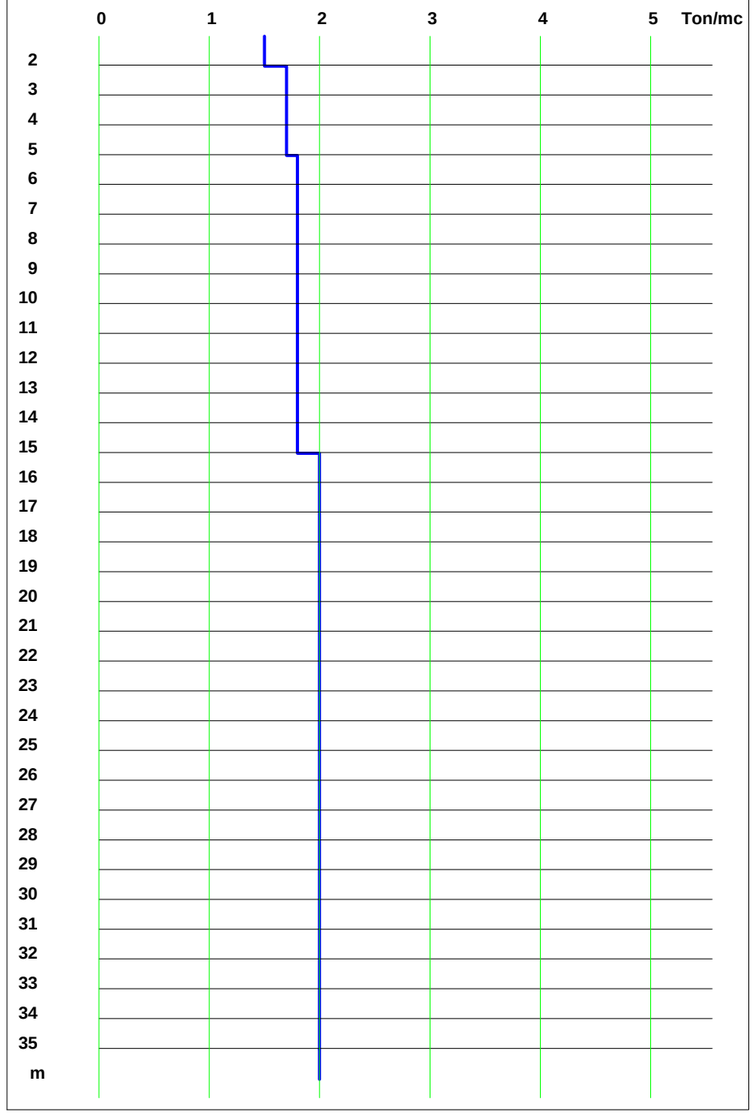


Grafico del peso di volume utilizzato



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1		.6	3.5	3727	639	5.83	.17	.48	1818	612	1.5
2	2.8	1.3	7.6	1625	264	6.16	.16	.49	352	118	1.7
3	3.6	1.9	11.7	1435	231	6.22	.16	.49	269	90	1.7
4	4.5	2.6	15.7	1429	229	6.25	.16	.49	265	89	1.7
5	5.4	3.2	19.8	1449	232	6.26	.16	.49	287	96	1.8
6	6.3	3.8	22.8	1503	306	4.91	.2	.48	499	169	1.8
7	7.3	4.5	25.8	1518	313	4.86	.21	.48	520	176	1.8
8	8.2	5.1	28.9	1532	317	4.84	.21	.48	534	181	1.8
9	9.2	5.7	31.9	1541	320	4.82	.21	.48	545	184	1.8
10	10.2	6.4	34.9	1546	322	4.8	.21	.48	552	187	1.8
11	11.2	7.	37.9	1553	324	4.8	.21	.48	558	189	1.8
12	12.2	7.6	41.	1557	325	4.79	.21	.48	561	190	1.8
13	13.2	8.3	44.	1558	326	4.78	.21	.48	565	191	1.8
14	14.1	8.9	47.	1563	327	4.79	.21	.48	568	192	1.8
15	15.1	9.5	49.1	1797	472	3.8	.26	.46	1306	446	2.
16	16.1	10.	51.2	1800	474	3.8	.26	.46	1314	449	2.
17	17.1	10.6	53.2	1802	475	3.79	.26	.46	1320	451	2.
18	18.1	11.1	55.3	1804	476	3.79	.26	.46	1325	453	2.
19	19.1	11.7	57.	1728	571	3.02	.33	.44	1879	653	2.
20	20.1	12.3	58.8	1729	572	3.02	.33	.44	1886	655	2.
21	21.1	12.8	60.5	1730	573	3.02	.33	.44	1891	657	2.
22	22.1	13.4	62.2	1731	574	3.02	.33	.44	1896	659	2.
23	23.1	13.9	63.8	1947	632	3.08	.32	.44	2301	798	2.
24	24.1	14.4	65.3	1947	633	3.08	.32	.44	2309	801	2.
25	25.1	14.9	66.9	1948	633	3.08	.32	.44	2310	802	2.
26	26.1	15.4	68.5	1949	634	3.08	.33	.44	2314	803	2.
27	27.1	16.	70.	1946	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
28	28.1	16.5	71.6	1950	634	3.07	.33	.44	2319	805	2.
29	29.1	17.	73.2	1951	635	3.07	.33	.44	2322	806	2.
30	30.1	17.5	74.7	1951	635	3.07	.33	.44	2326	807	2.
31	31.1	18.	76.3	1952	635	3.07	.33	.44	2325	807	2.
32	32.1	18.5	77.7	1995	737	2.71	.37	.42	3086	1086	2.
33	33.1	19.	79.	1995	737	2.71	.37	.42	3089	1087	2.
34	34.1	19.5	80.4	1995	737	2.71	.37	.42	3091	1088	2.
35	35.1	20.	81.7	1996	738	2.71	.37	.42	3093	1088	2.

LEGENDA

Coefficiente di Poisson

Modulo Elastico E

Modulo di Taglio

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

Committente: Soildata s.r.l.

Cantiere di Zibido San Giacomo

Prova sismica Down-Hole - DH1

PARAMETRI ELASTICI E PESO DI VOLUME

All.2/b	Settembre 2014	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI

ALLEGATO 4

INDAGINI PREGRESSE

– STRATIGRFIA SONDAGGIO –

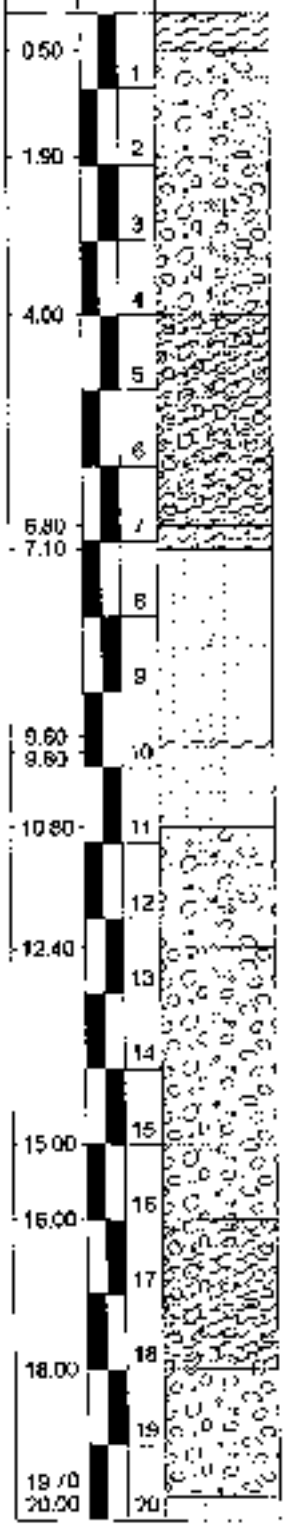
Committente: SAN BENETO s.r.l.
Metodo di perforazione: rotazione
Ø 101/127
Foglio n° 1/1
Sond. n° 1

Località: Zibido San Giacomo
Posizione: Via Longarone
Quota sl/zero: p.c.
Data dal 29/10/2001 al 30/10/2001
Responsabile: Dott. Geol. Gisela

RCT
SEDE:
Z. Via G. Di Vittorio
20060 Liscate (MI)
Tel. 02/95350110 - Fax 02/95350318
E-mail: rct@rct-ronzoni.it

LIVELLO ACQUA DURANTE LA PERFORAZIONE

data	profondità foro	pot. medi	livello acqua
30/10	12.00	12.00	-2.10



Descrizione	Prof. SPT	N° colpi SPT	Pocket Penetrometer	Vane Test	Filtri	Note
sabbia limosa marrone ingl. rara ghiaia medio fine e resti vegetali						
sabbia deb. limosa bruna e bruno grigia ingl. ghiaia medio fine (Ø max 4 cm)	1.50	6	7 5			
ghiaia medio fine in matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigia	3.00	7	5 9			
ghiaia eterometrica in abb. matrice sabbioso limosa bruno nocciola	4.50	10	15 11			
	6.00	14	7 12			
sabbia limosa loc. a deb. leg. argilloso bruno nocciola ingl. rarissima ghiaia fine	7.50	10	9 11			
sabbia deb. limosa da bruno nocciola a bruno grigia ingl. rara ghiaia (Ø max 2 cm). Loc. pres. interdivello di sabbia limosa bruno nocciola	9.00	7	5 6			
	10.50	7	12 9			
sabbia deb. limosa bruna ingl. ghiaia medio fine (Ø max 4 cm)	12.00	15	7 14			
ghiaia medio fine in matrice sabbiosa deb. limosa bruno nocciola	13.50	21	18 15			
ghiaia medio fine in abb. matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigia	15.00	10	10 13			
ghiaia medio fine in abb. matrice sabbioso limosa bruna	16.50	14	12 14			
idem c.s. in matrice sabbiosa deb. limosa bruno ocracea	18.00	31	15 20			
sabbia deb. limosa bruno ocracea ingl. rara ghiaia fine	19.50	17	11 21			

ALLEGATO 5

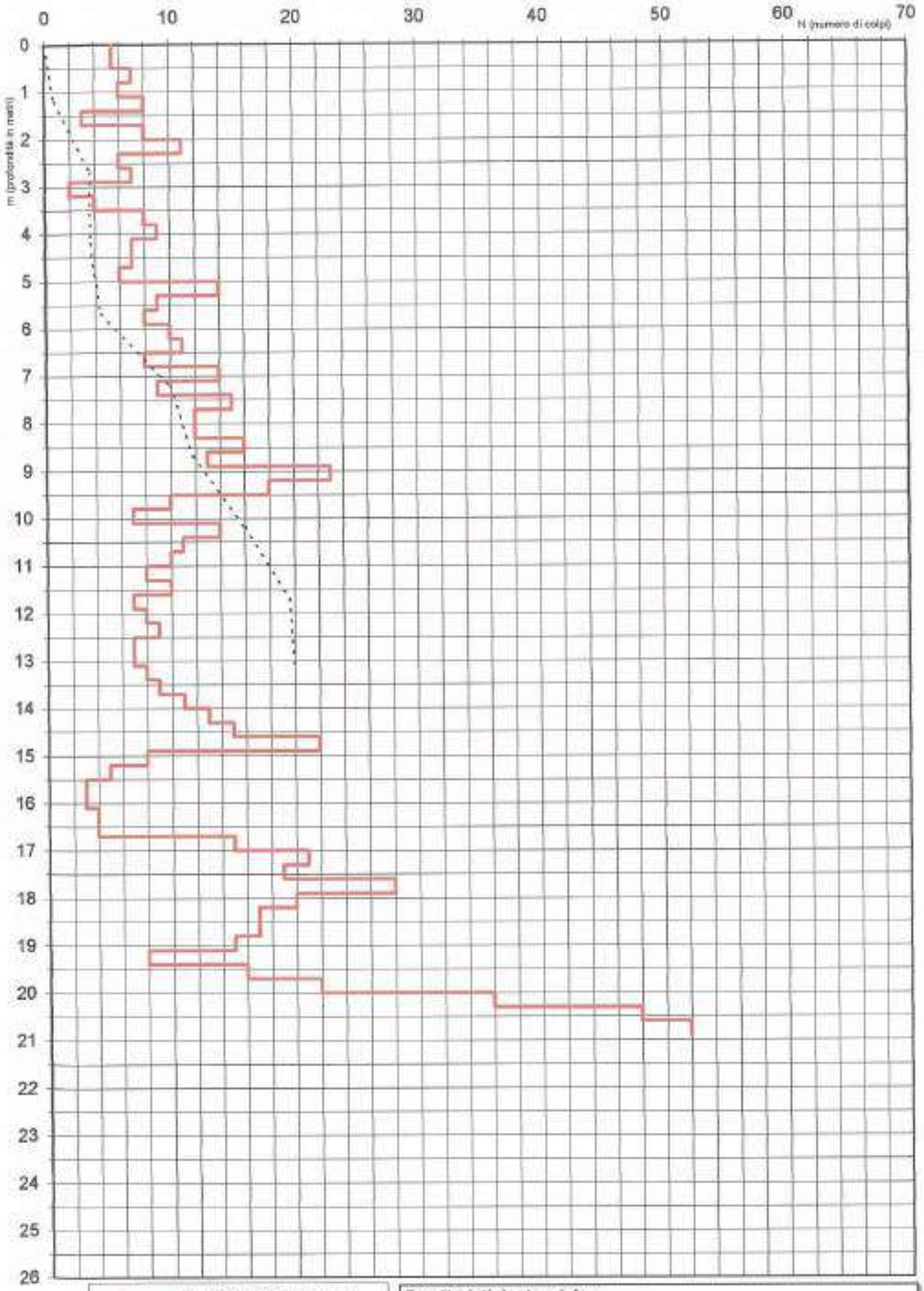
INDAGINI PREGRESSE

– PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE –

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 1

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

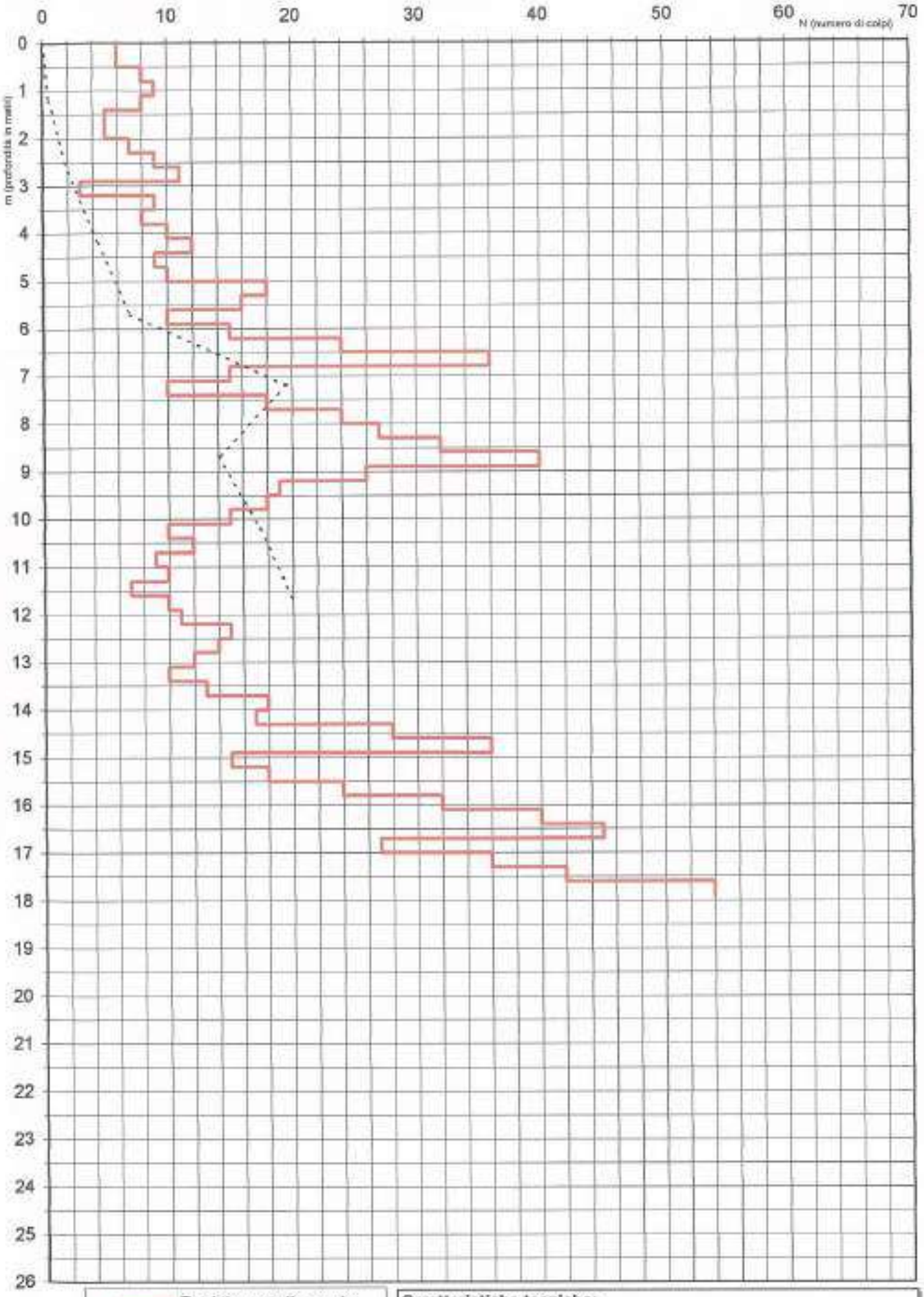
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 2

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

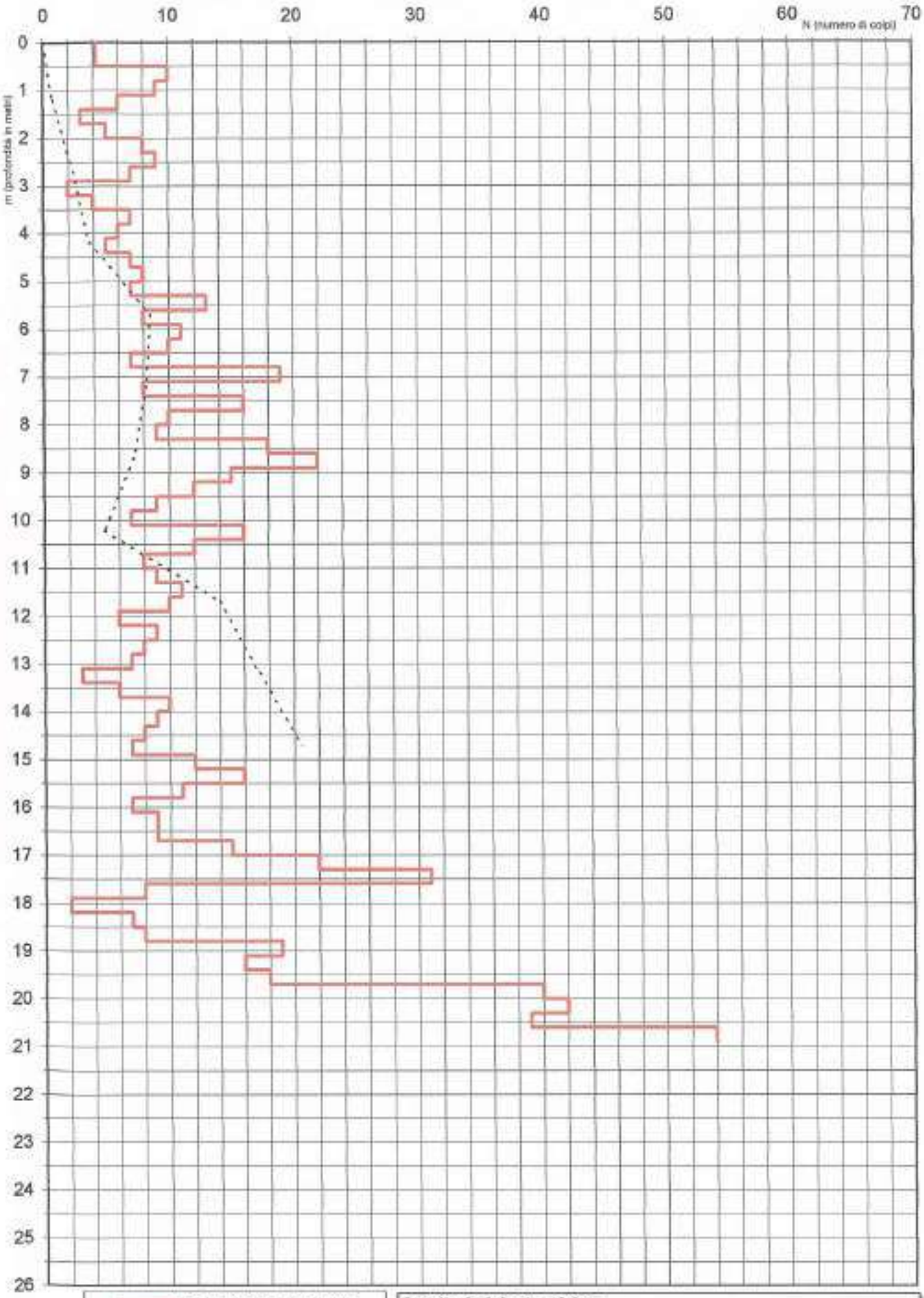
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 3

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

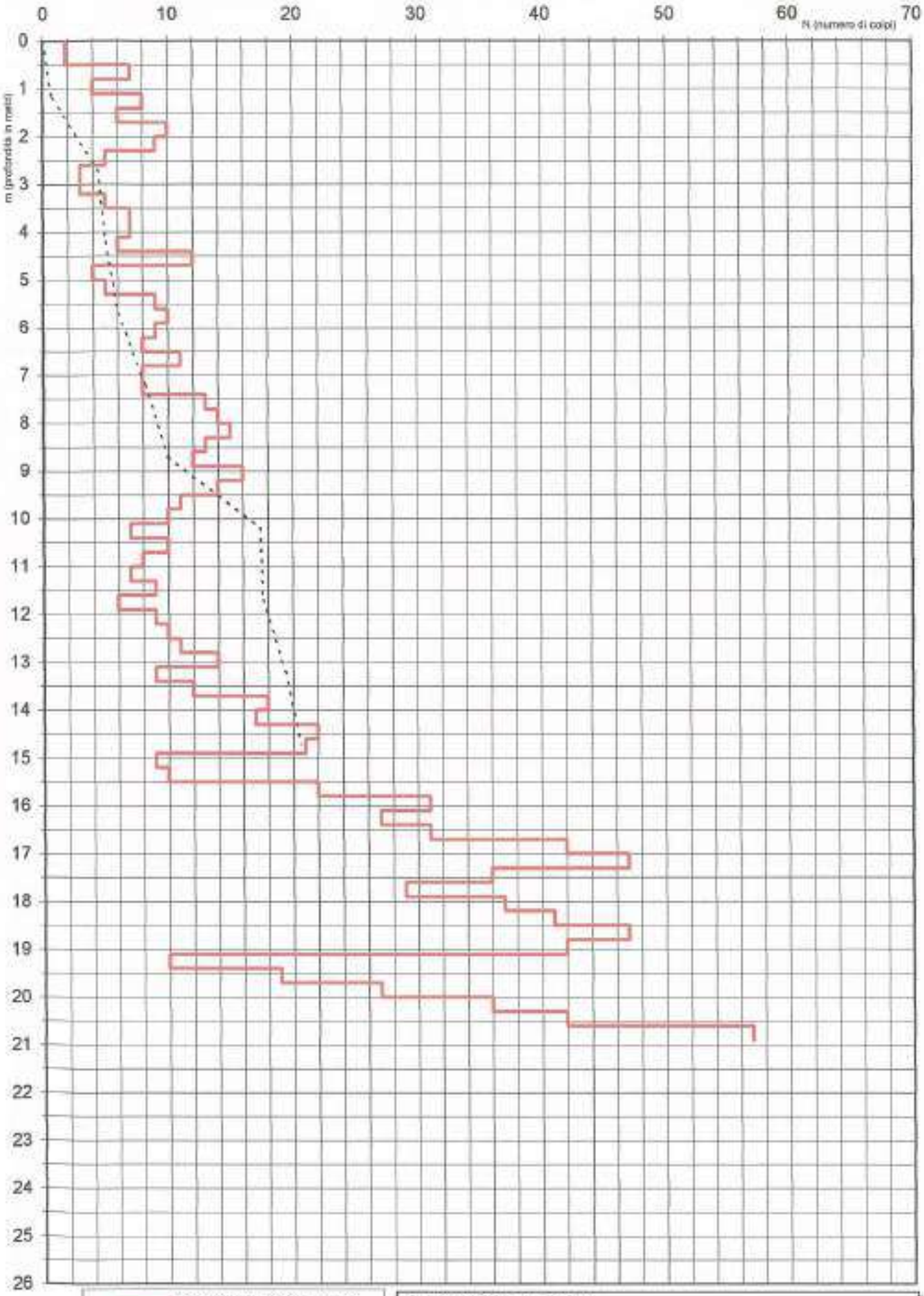
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 4

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 23/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

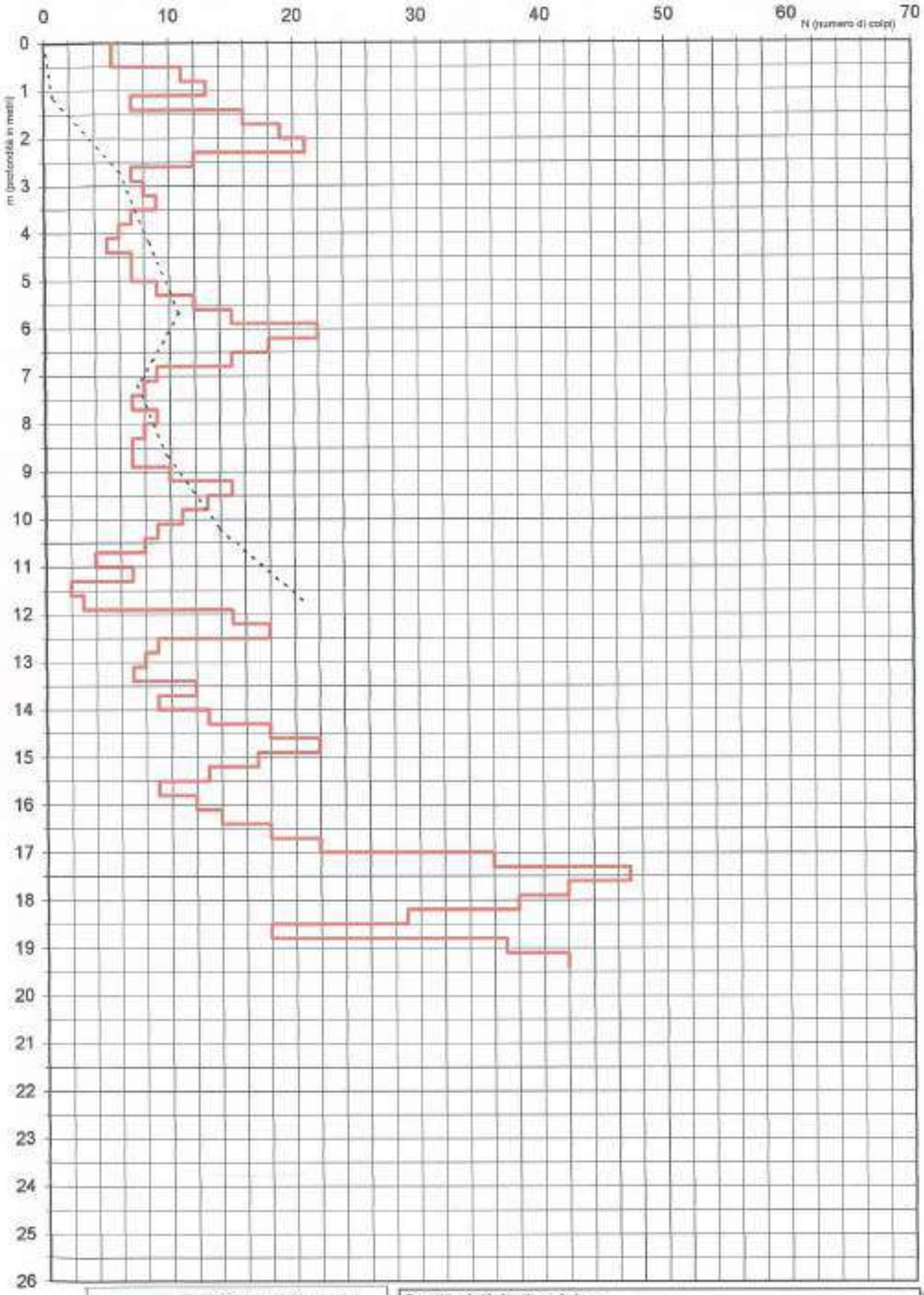
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 5

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

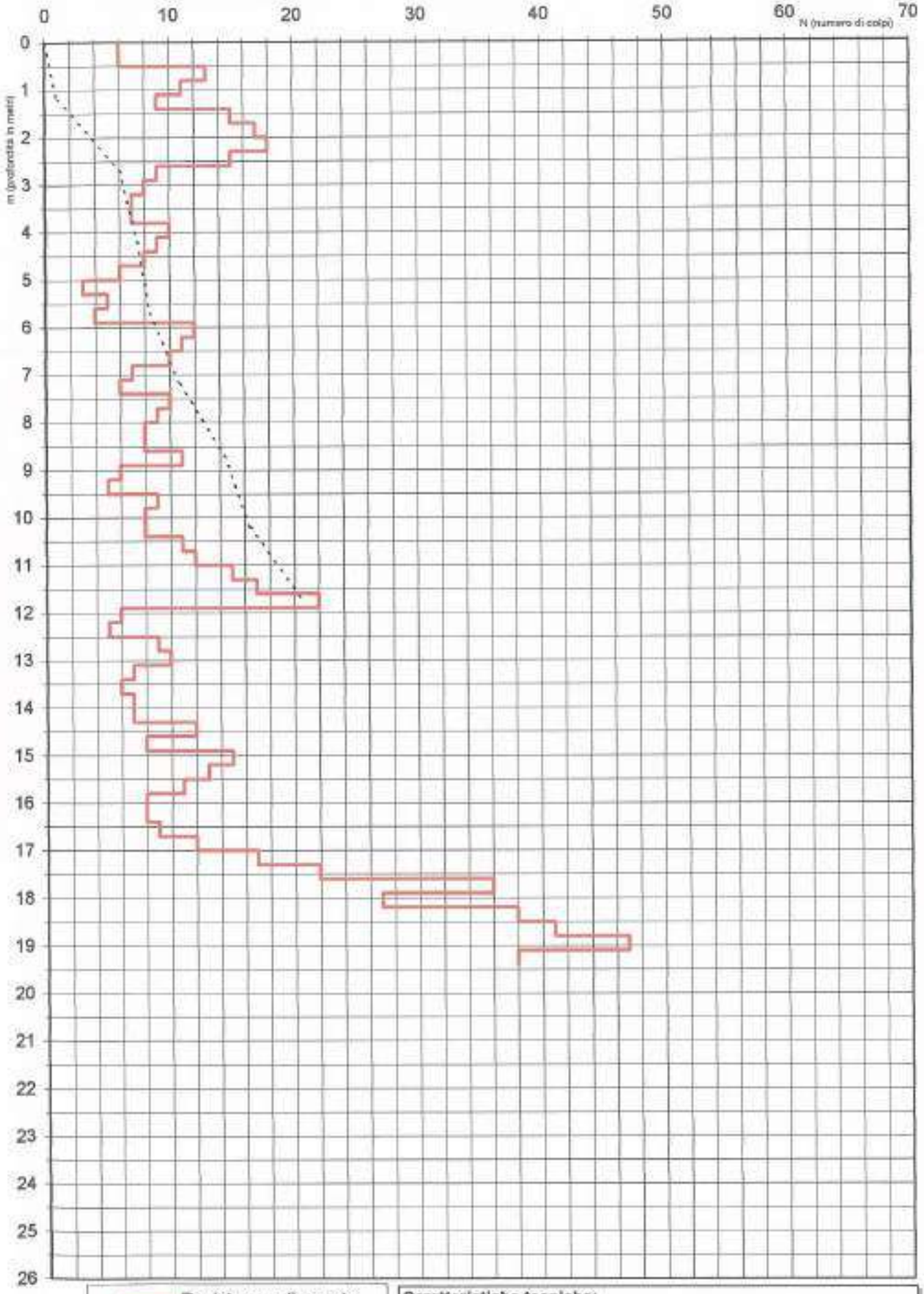
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 6

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

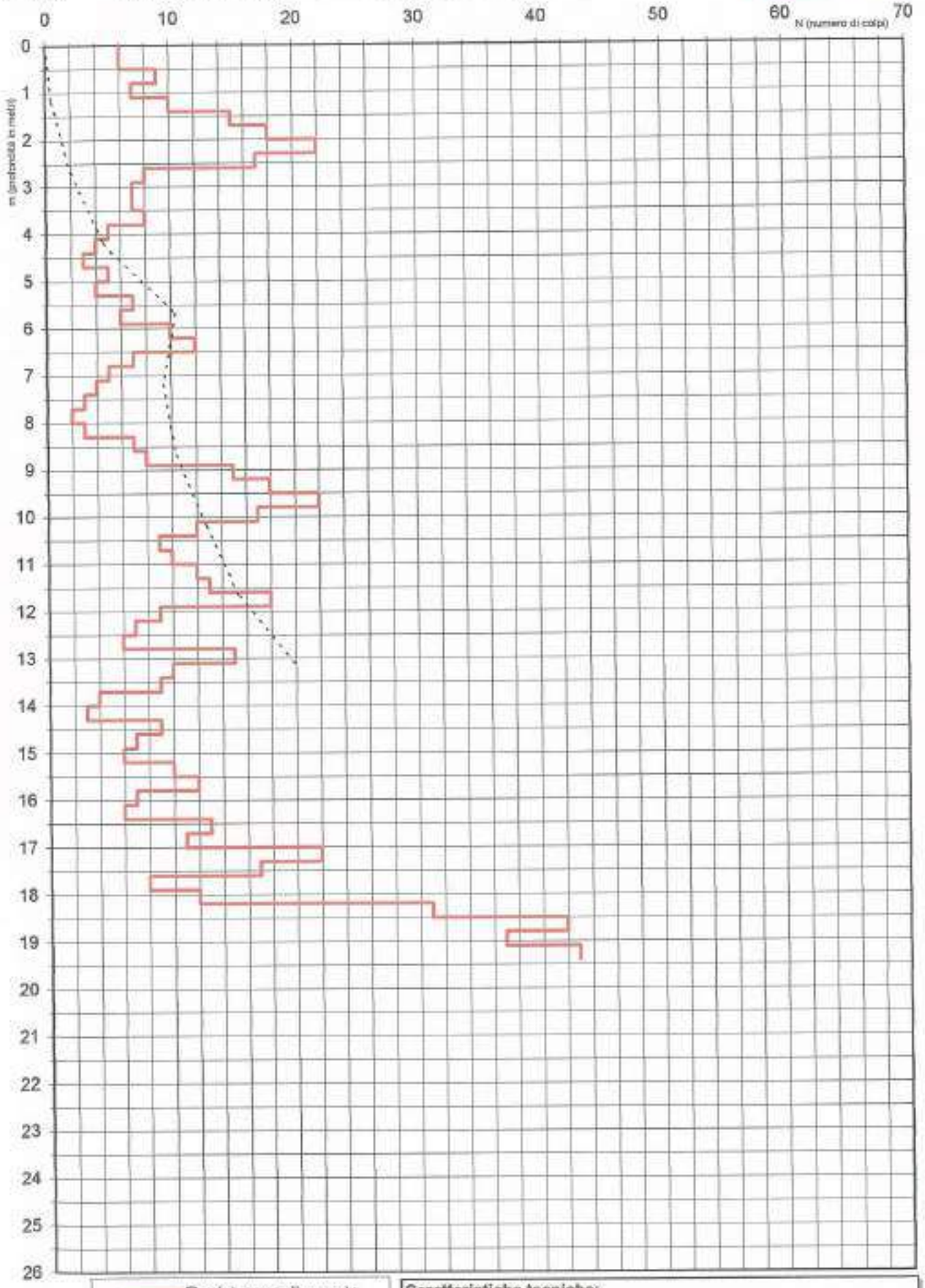
Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 7

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.

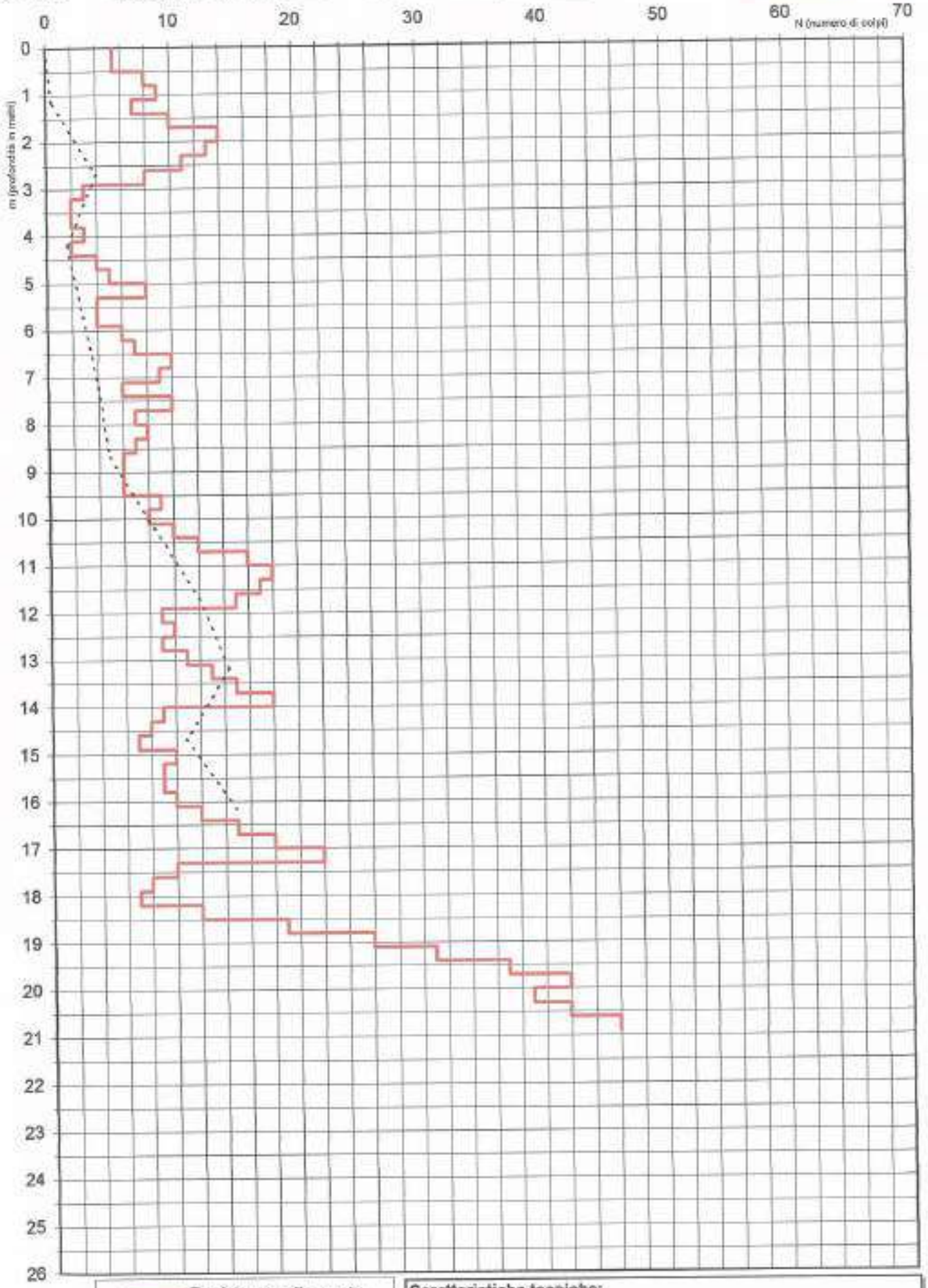


Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 8

Committente: SAN BENETO s.r.l. **data:** 25/10/01

Località: Zibido San Giacomo **Quota d'inizio:** p.c.



Resistenza alla punta

Resistenza laterale

Caratteristiche tecniche:
Peso testa di battuta kg 1,1 - Mazza battente 73 kg - Rivest. 48 mm

ALLEGATO 6

PROVE DI LABORATORIO

– RISULTATI –

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1031**	**del**	**19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del**	**12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*)	data inizio prova	**12/09/2014**	data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C1 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	3,50-4,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			4173,3	*g*
Diametro massimo			64	*mm*
Diametro minimo			22	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	95,04	%
Passante	19,0	3/4	90,24	%
Passante	9,5	3/8	70,04	%
Passante	4,75	No. 4	53,35	%
Passante	2,0	No. 10	39,68	%
Passante	0,850	No. 20	28,99	%
Passante	0,425	No. 40	17,29	%
Passante	0,254	No. 60	10,88	%
Passante	0,150	No. 100	7,79	%
Passante	0,075	No. 200	5,20	%

Ghiaia g	(19-75)	9,76	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	36,89	%
Sabbia g	(2-4,75)	13,67	%
Sabbia m	(0,425-2)	22,39	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	12,09	%
Limo+argilla	(< 0,075)	5,20	%

Limo	(0,005-0,075)	3,76	%
Argilla	(< 0,005)	1,44	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0524	mm	4,57	%
0,0385	mm	4,07	%
0,0282	mm	3,58	%
0,0209	mm	2,92	%
0,0151	mm	2,59	%
0,0112	mm	2,26	%
0,0081	mm	1,93	%
0,0058	mm	1,61	%
0,0042	mm	1,28	%
0,0030	mm	1,03	%
0,0022	mm	0,78	%
0,0015	mm	0,70	%
0,0013	mm	0,62	%

CLASSIFICAZIONE ASTM
SW SM SW-SC

AASHTO M 145-82
-

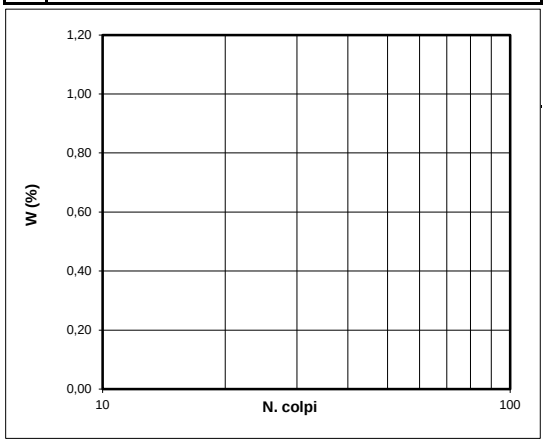
gs	-	*Mg/mc*

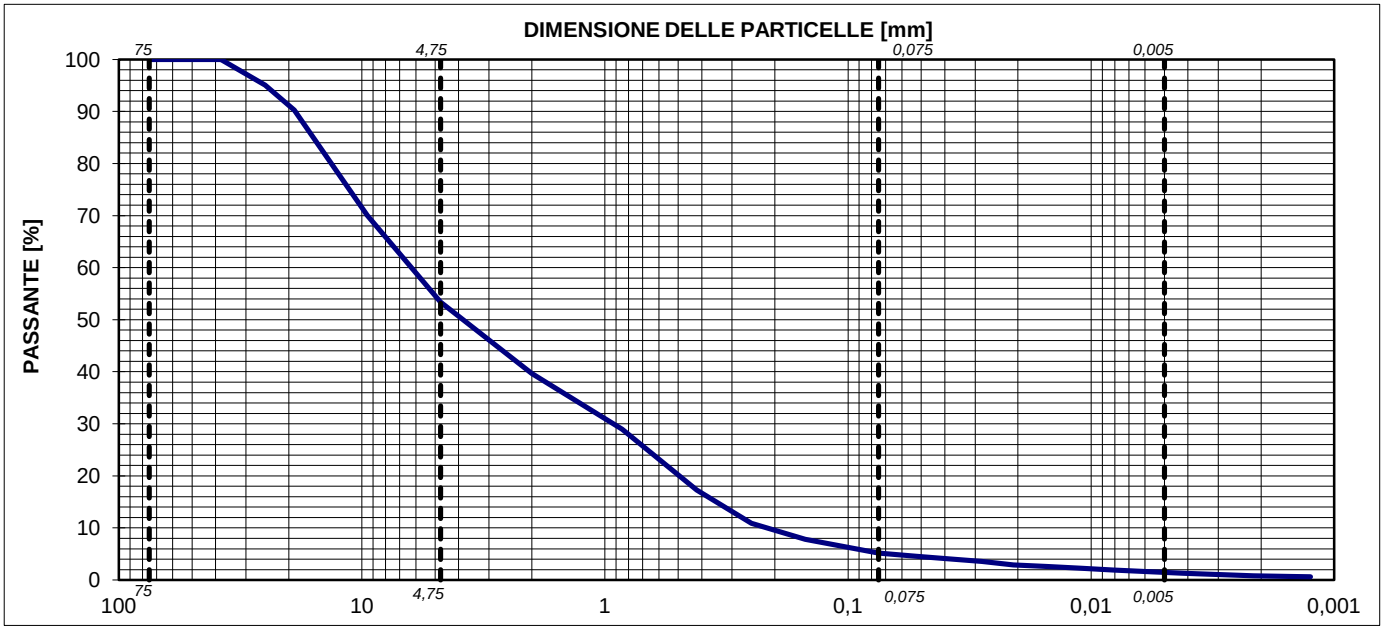
CU	28,95	-
CC	0,63	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1032**	**del**	**19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del**	**12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*)	data inizio prova	**12/09/2014**	data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C2 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	7,50-8,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			2657,1	*g*
Diametro massimo			46	*mm*
Diametro minimo			22	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	98,02	%
Passante	19,0	3/4	96,88	%
Passante	9,5	3/8	93,07	%
Passante	4,75	No. 4	89,21	%
Passante	2,0	No. 10	82,75	%
Passante	0,850	No. 20	75,56	%
Passante	0,425	No. 40	59,83	%
Passante	0,254	No. 60	33,56	%
Passante	0,150	No. 100	25,11	%
Passante	0,075	No. 200	19,50	%

Ghiaia g	(19-75)	3,12	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	7,67	%
Sabbia g	(2-4,75)	6,47	%
Sabbia m	(0,425-2)	22,91	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	40,34	%
Limo+argilla	(< 0,075)	19,50	%

Limo	(0,005-0,075)	10,39	%
Argilla	(< 0,005)	9,11	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0514	mm	18,06	%
0,0366	mm	17,75	%
0,0266	mm	16,52	%
0,0190	mm	15,90	%
0,0140	mm	14,05	%
0,0104	mm	12,81	%
0,0076	mm	10,96	%
0,0055	mm	9,42	%
0,0040	mm	8,49	%
0,0028	mm	7,88	%
0,0020	mm	6,64	%
0,0015	mm	6,02	%
0,0012	mm	5,41	%

CLASSIFICAZIONE ASTM
SM SC SC-SM

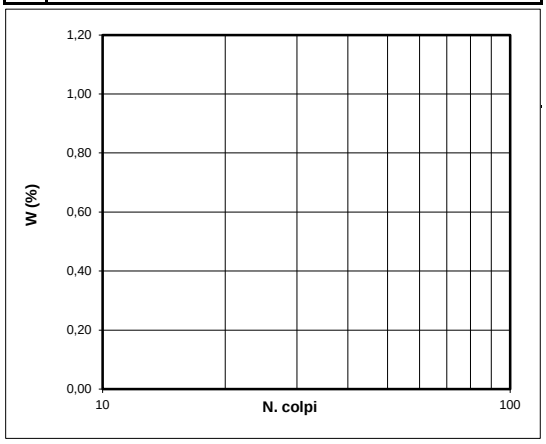
AASHTO M 145-82
-

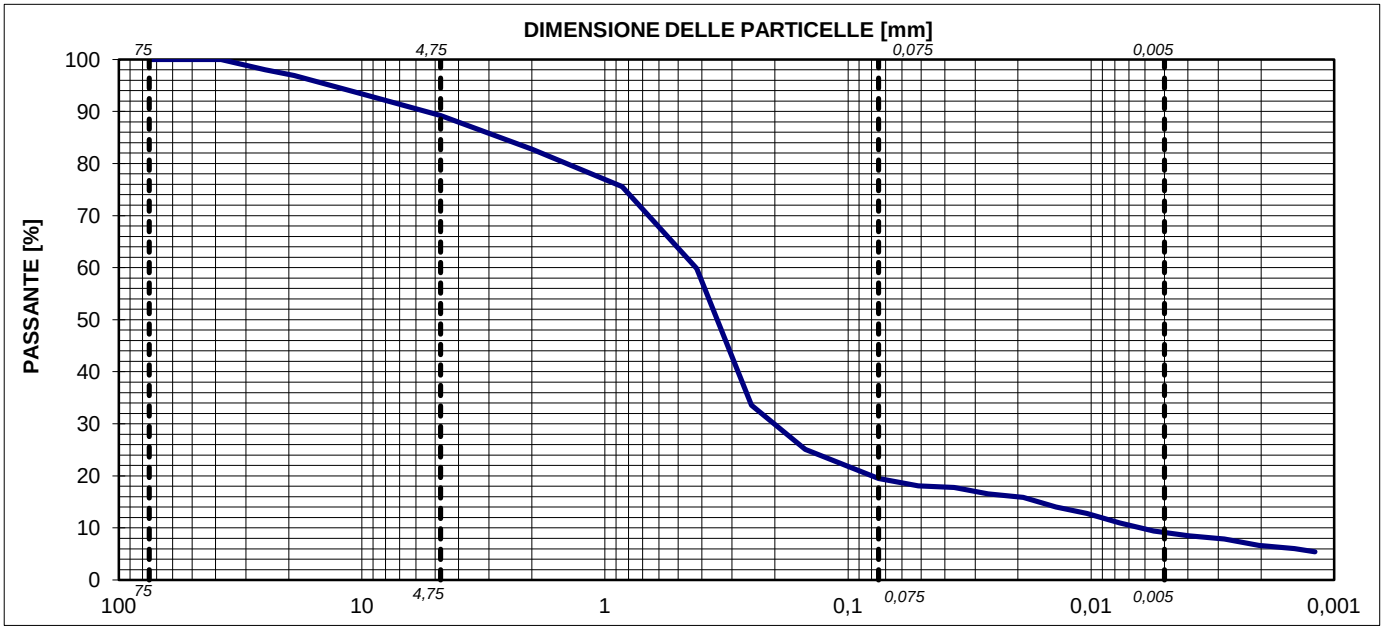
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1033**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**15/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**18/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C3 IN CLADDE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	13,00-13,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			1813,9	*g*
Diametro massimo			27	*mm*
Diametro minimo			11	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	99,35	%
Passante	9,5	3/8	93,08	%
Passante	4,75	No. 4	81,56	%
Passante	2,0	No. 10	67,04	%
Passante	0,850	No. 20	52,60	%
Passante	0,425	No. 40	42,21	%
Passante	0,254	No. 60	35,85	%
Passante	0,150	No. 100	30,65	%
Passante	0,075	No. 200	24,34	%

Ghiaia g	(19-75)	0,65	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	17,79	%
Sabbia g	(2-4,75)	14,52	%
Sabbia m	(0,425-2)	24,83	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	17,87	%
Limo+argilla	(< 0,075)	24,34	%

Limo	(0,005-0,075)	17,01	%
Argilla	(< 0,005)	7,33	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0524	mm	21,39	%
0,0385	mm	19,08	%
0,0279	mm	17,54	%
0,0204	mm	15,23	%
0,0148	mm	13,30	%
0,0111	mm	11,37	%
0,0080	mm	9,83	%
0,0058	mm	7,52	%
0,0041	mm	7,14	%
0,0030	mm	6,37	%
0,0021	mm	5,21	%
0,0015	mm	4,82	%
0,0012	mm	4,44	%

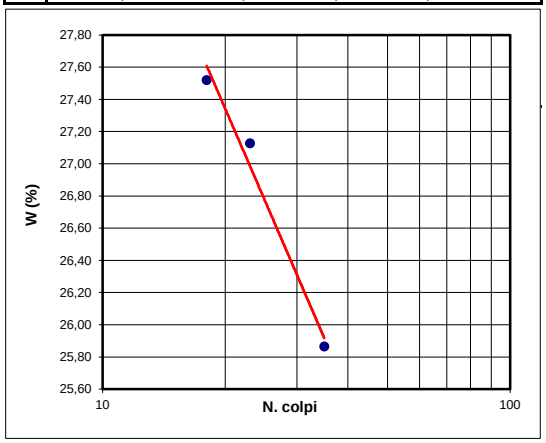
CLASSIFICAZIONE ASTM
SC
AASHTO M 145-82
-

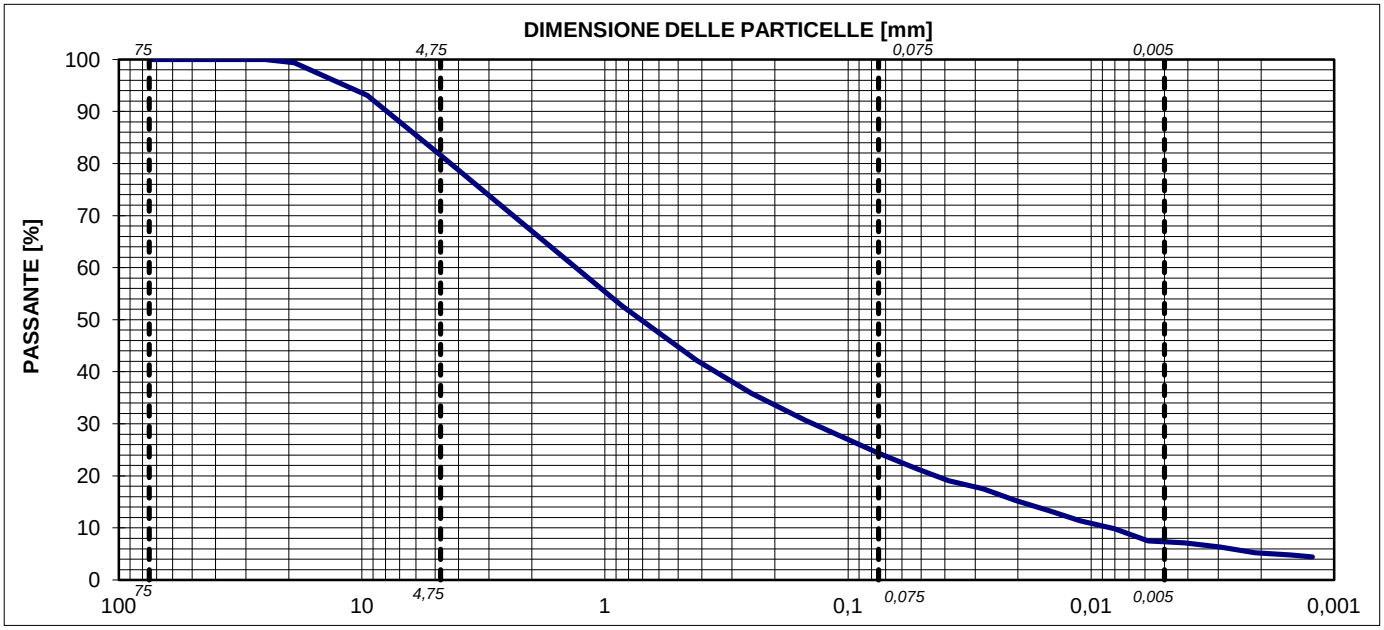
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	26	%
Limite Plastico	19	%
Indice di Plasticità	7	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL	23,14	47,56	42,29	27,52	18
	23,48	44,10	39,70	27,13	23
	23,16	46,08	41,37	25,86	35
LP	22,8	30,1	28,90	19,67	-
	22,95	30,59	29,37	19,00	-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1034**	**del**	**19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del**	**12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*)	data inizio prova	**12/09/2014**	data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C4 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	18,00-18,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			2481,5	*g*
Diametro massimo			32	*mm*
Diametro minimo			16	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	97,11	%
Passante	9,5	3/8	84,75	%
Passante	4,75	No. 4	70,18	%
Passante	2,0	No. 10	56,44	%
Passante	0,850	No. 20	45,81	%
Passante	0,425	No. 40	36,52	%
Passante	0,254	No. 60	29,30	%
Passante	0,150	No. 100	22,91	%
Passante	0,075	No. 200	17,24	%

Ghiaia g	(19-75)	2,89	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	26,93	%
Sabbia g	(2-4,75)	13,74	%
Sabbia m	(0,425-2)	19,91	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	19,28	%
Limo+argilla	(< 0,075)	17,24	%
Limo	(0,005-0,075)	12,18	%
Argilla	(< 0,005)	5,06	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0531	mm	14,60	%
0,0380	mm	14,06	%
0,0279	mm	12,42	%
0,0204	mm	10,78	%
0,0149	mm	9,15	%
0,0111	mm	8,06	%
0,0080	mm	6,96	%
0,0058	mm	5,33	%
0,0042	mm	4,78	%
0,0030	mm	3,69	%
0,0021	mm	3,14	%
0,0015	mm	2,87	%
0,0012	mm	2,60	%

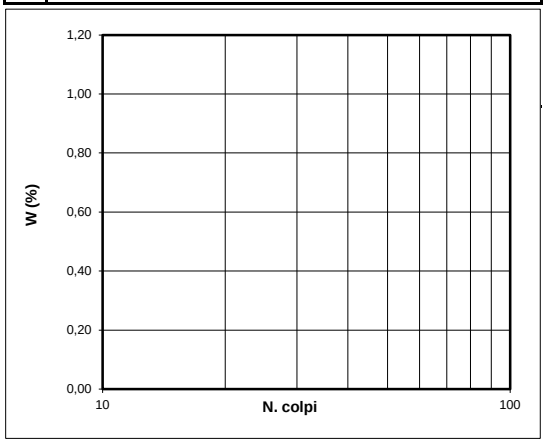
CLASSIFICAZIONE ASTM
SM SC SC-SM
AASHTO M 145-82
-

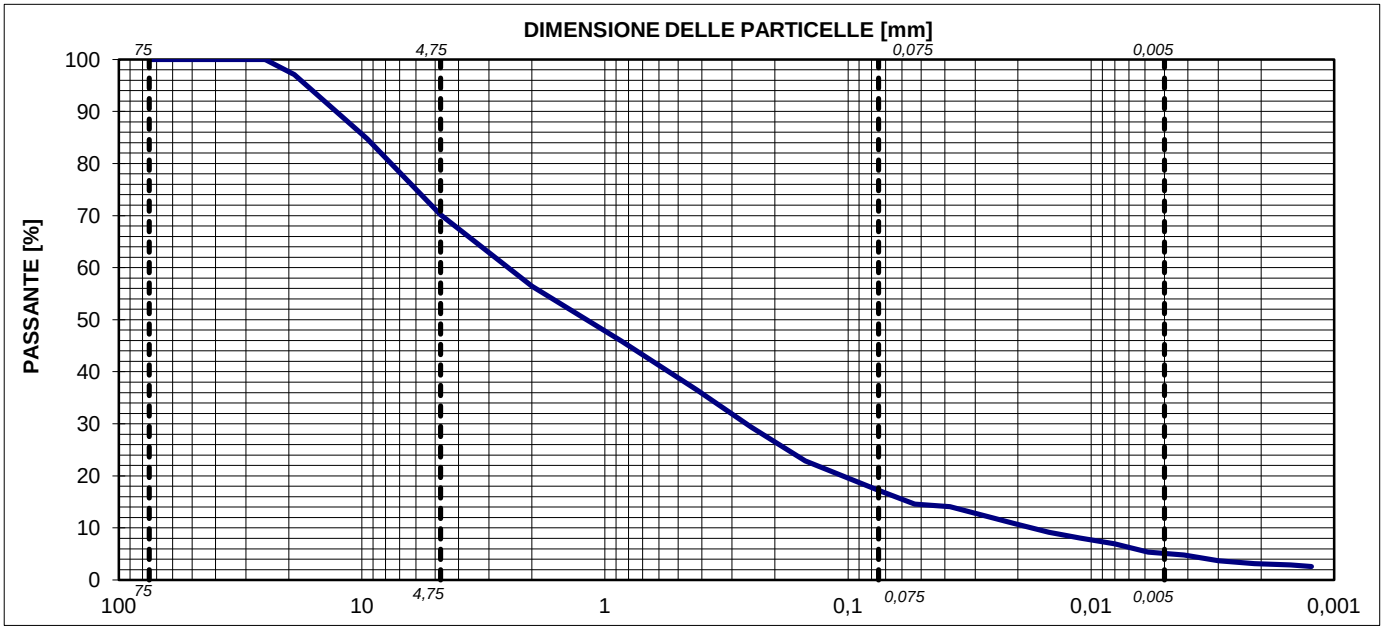
gs	-	*Mg/mc*	
CU		-	-
CC		-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1035**	**del 19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**15/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**18/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C5 IN CLADDE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	21,30-21,60 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			582,98	*g*
Diametro massimo			16	*mm*
Diametro minimo			4	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	98,51	%
Passante	2,0	No. 10	98,11	%
Passante	0,850	No. 20	97,83	%
Passante	0,425	No. 40	97,21	%
Passante	0,254	No. 60	94,87	%
Passante	0,150	No. 100	89,83	%
Passante	0,075	No. 200	83,12	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	1,49	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,40	%
Sabbia m	(0,425-2)	0,90	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	14,10	%
Limo+argilla	(< 0,075)	83,12	%

Limo	(0,005-0,075)	58,73	%
Argilla	(< 0,005)	24,38	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0517	mm	75,67	%
0,0385	mm	65,15	%
0,0286	mm	54,62	%
0,0206	mm	49,36	%
0,0149	mm	44,10	%
0,0111	mm	38,84	%
0,0081	mm	30,95	%
0,0058	mm	25,68	%
0,0042	mm	23,05	%
0,0030	mm	20,42	%
0,0021	mm	16,47	%
0,0015	mm	13,84	%
0,0012	mm	12,53	%

CLASSIFICAZIONE ASTM
CL o OL

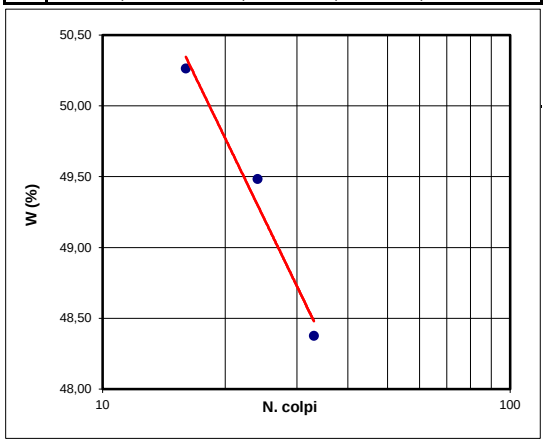
AASHTO M 145-82
-

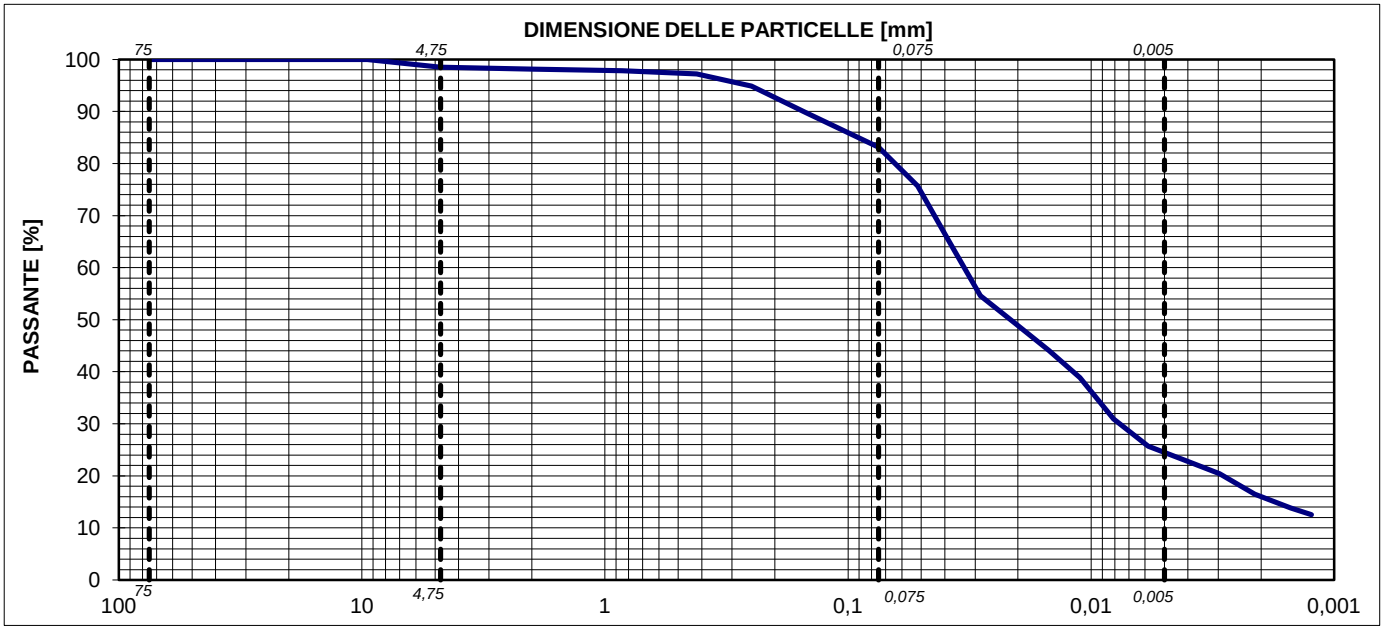
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	49	%
Limite Plastico	13	%
Indice di Plasticità	36	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL	22,98	57,18	45,74	50,26	16
	22,62	57,36	45,86	49,48	24
	23,20	55,19	44,76	48,38	33
LP	23,28	30,38	28,95	25,22	-
	23,07	29,53	29,37	2,54	-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**del**	**Accettazione**	**1712**	**del 12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**15/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**18/09/2014**	data fine prova	**19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C6 IN CLADDE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	27,30-27,60 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			1316,1	*g*
Diametro massimo			12	*mm*
Diametro minimo			8	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	98,97	%
Passante	2,0	No. 10	97,78	%
Passante	0,850	No. 20	96,34	%
Passante	0,425	No. 40	87,23	%
Passante	0,254	No. 60	70,94	%
Passante	0,150	No. 100	43,22	%
Passante	0,075	No. 200	31,55	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	1,03	%
Sabbia g	(2-4,75)	1,19	%
Sabbia m	(0,425-2)	10,55	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	55,68	%
Limo+argilla	(< 0,075)	31,55	%
Limo	(0,005-0,075)	20,70	%
Argilla	(< 0,005)	10,85	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0517	mm	28,73	%
0,0381	mm	25,73	%
0,0276	mm	23,73	%
0,0202	mm	20,74	%
0,0148	mm	17,74	%
0,0110	mm	15,74	%
0,0079	mm	13,75	%
0,0057	mm	11,75	%
0,0041	mm	9,75	%
0,0030	mm	7,75	%
0,0021	mm	6,75	%
0,0015	mm	5,76	%
0,0012	mm	5,26	%

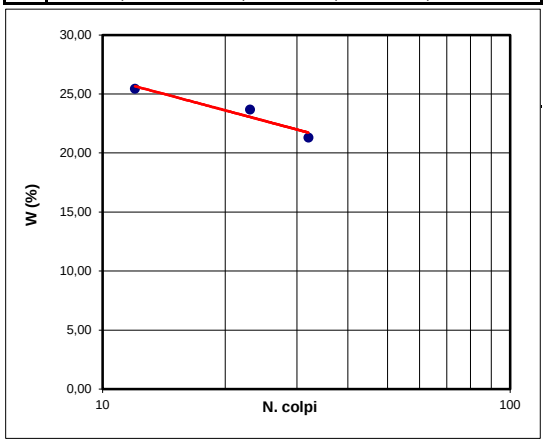
CLASSIFICAZIONE ASTM
SC - SM
AASHTO M 145-82
-

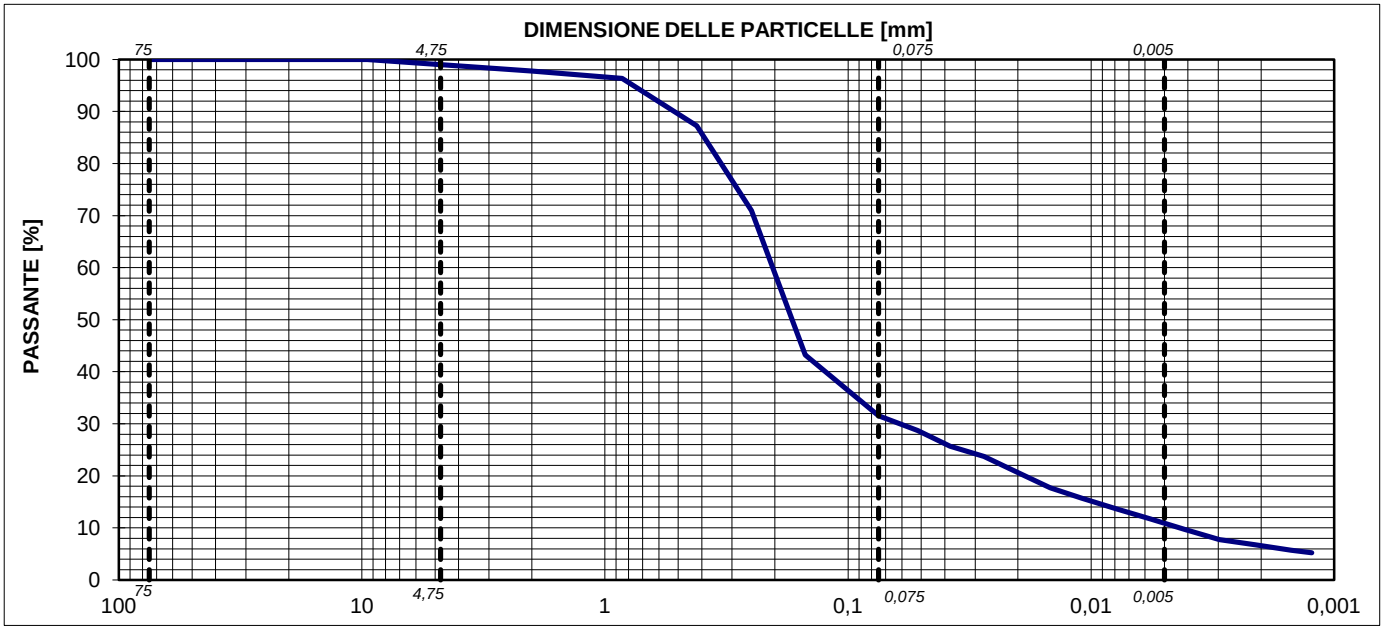
gs	-	*Mg/mc*	
CU		-	-
CC		-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	22	%
Limite Plastico	17	%
Indice di Plasticità	5	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL	22,94	49,66	44,24	25,45	12
	23,46	44,82	40,73	23,68	23
	22,98	57,82	51,70	21,31	32
LP	22,56	30,68	29,48	17,34	-
	22,85	32,53	31,07	17,76	-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2004 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**1037**	**del**	**19/09/2014**	**Accettazione**	**1712**	**del**	**12/09/2014**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (*ASTM D2487-D422-D6913*)	data inizio prova	**12/09/2014**	data fine prova **19/09/2014**

COMMITTENTE:	APENNINE ENEGY SPA				
COMMESSA:	POZZO MOIRAGO 1 DIR				
LOCALITA':	ZIBIDO SAN GIACOMO (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	C7 IN CLASSE Q3 DI RIMANEGGIAMENTO	**PROFONDITA' :**	33,50-34,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale			2050,5	*g*
Diametro massimo			0	*mm*
Diametro minimo			0	*mm*
	mm	*in.-No.*		
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	100,00	%
Passante	2,0	No. 10	99,96	%
Passante	0,850	No. 20	99,91	%
Passante	0,425	No. 40	95,52	%
Passante	0,254	No. 60	31,33	%
Passante	0,150	No. 100	13,30	%
Passante	0,075	No. 200	8,19	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	0,00	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,04	%
Sabbia m	(0,425-2)	4,44	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	87,33	%
Limo+argilla	(< 0,075)	8,19	%
Limo	(0,005-0,075)	6,05	%
Argilla	(< 0,005)	2,14	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		50	*g*
Diametro massimo		0,075	*mm*
Diametro		*Percentuale*	
0,0517	mm	7,46	%
0,0376	mm	6,94	%
0,0276	mm	6,16	%
0,0202	mm	5,38	%
0,0149	mm	4,34	%
0,0112	mm	3,57	%
0,0081	mm	3,05	%
0,0059	mm	2,27	%
0,0042	mm	2,01	%
0,0030	mm	1,49	%
0,0022	mm	0,98	%
0,0015	mm	0,85	%
0,0013	mm	0,72	%

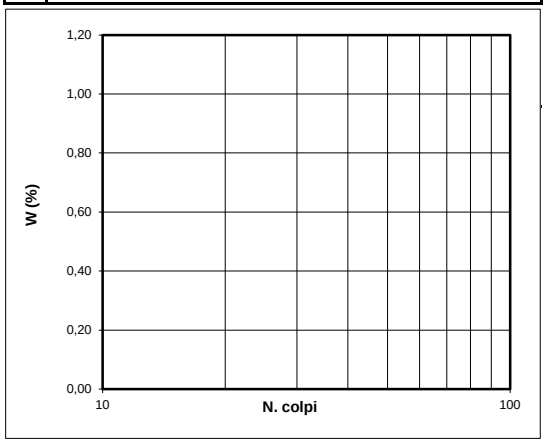
CLASSIFICAZIONE ASTM
SP - SM SP -SC
AASHTO M 145-82
-

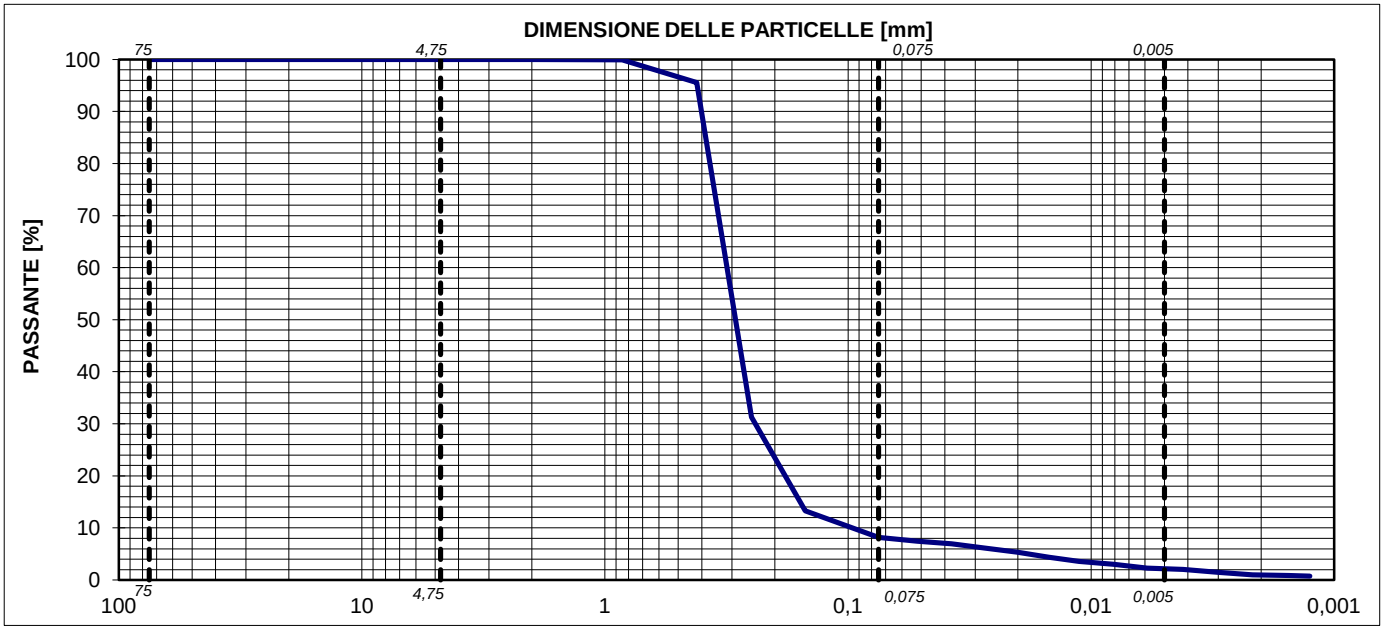
gs	-	*Mg/mc*	
CU		3,50	-
CC		1,80	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	%
Limite Plastico	%
Indice di Plasticità	%

	TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
LL					
LP					-
					-





IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl_ut@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALLEGATO 7

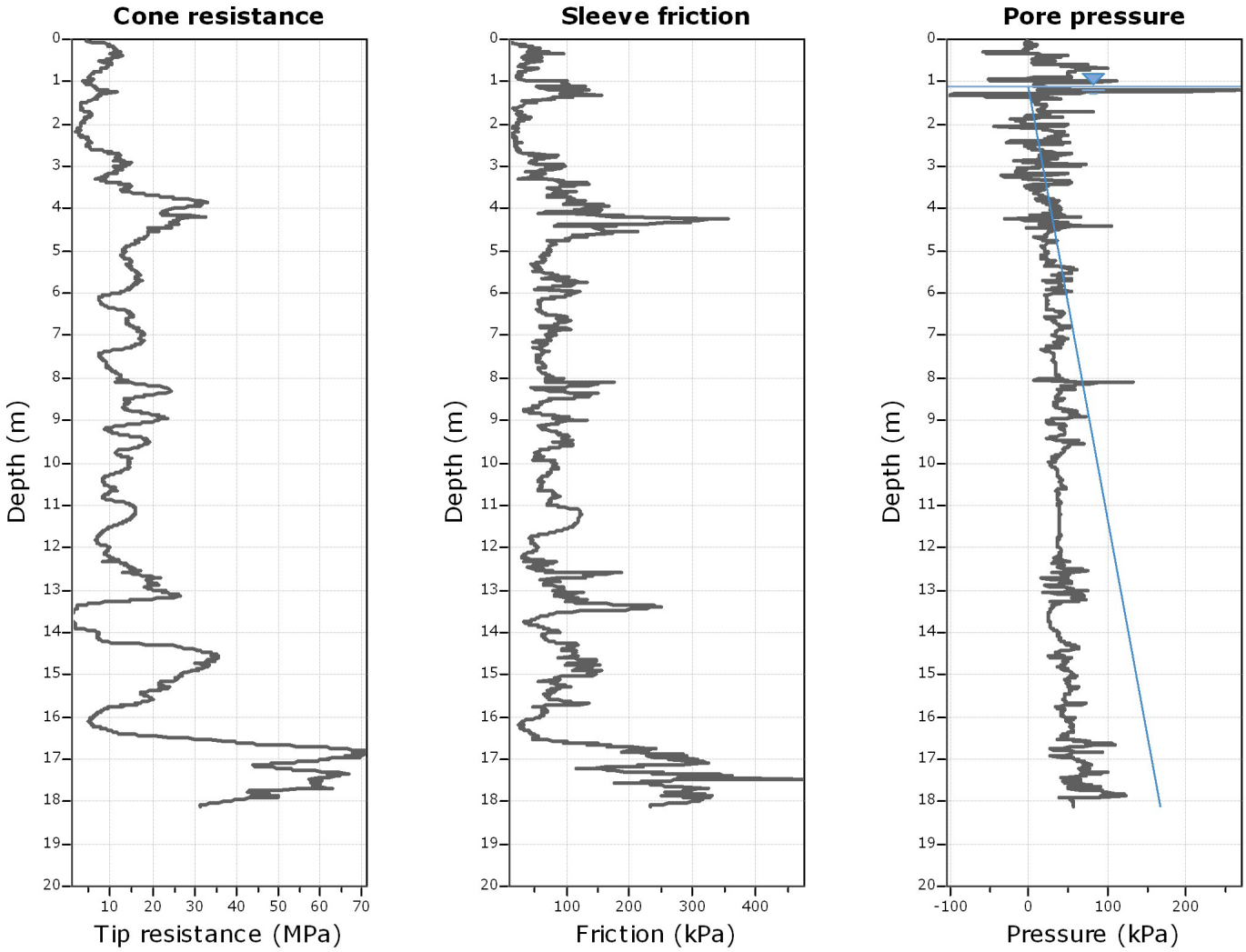
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

– INTERPRETAZIONE GEOTECNICA –

CPT: CPTU-01

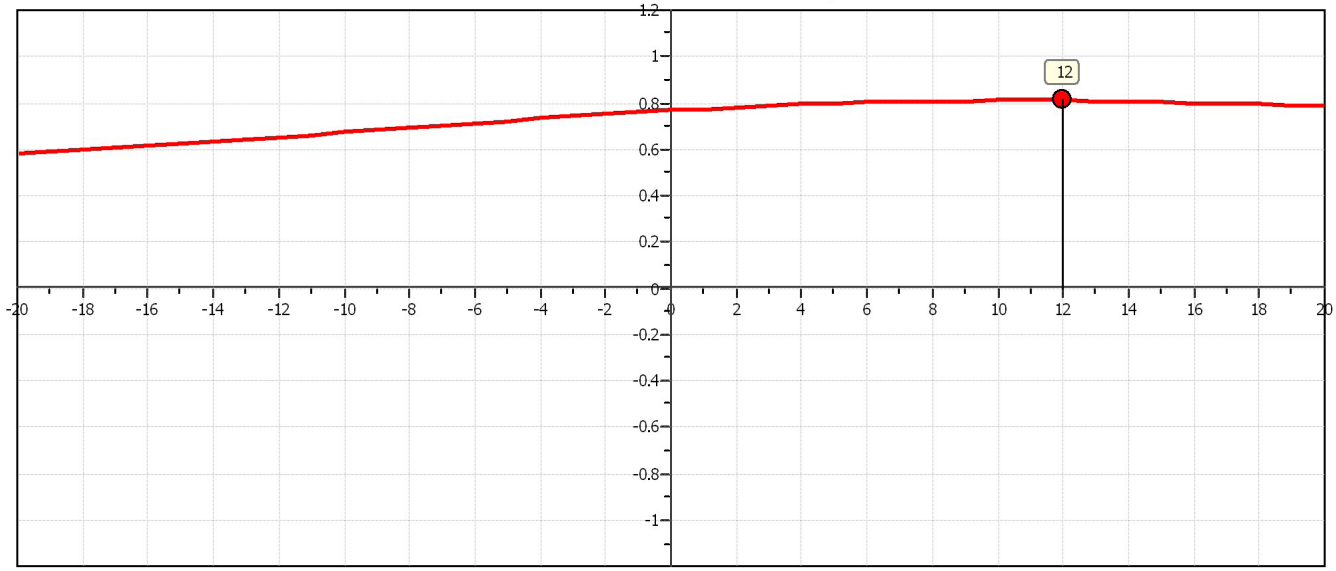
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



SoilData SERVICES S.R.L.

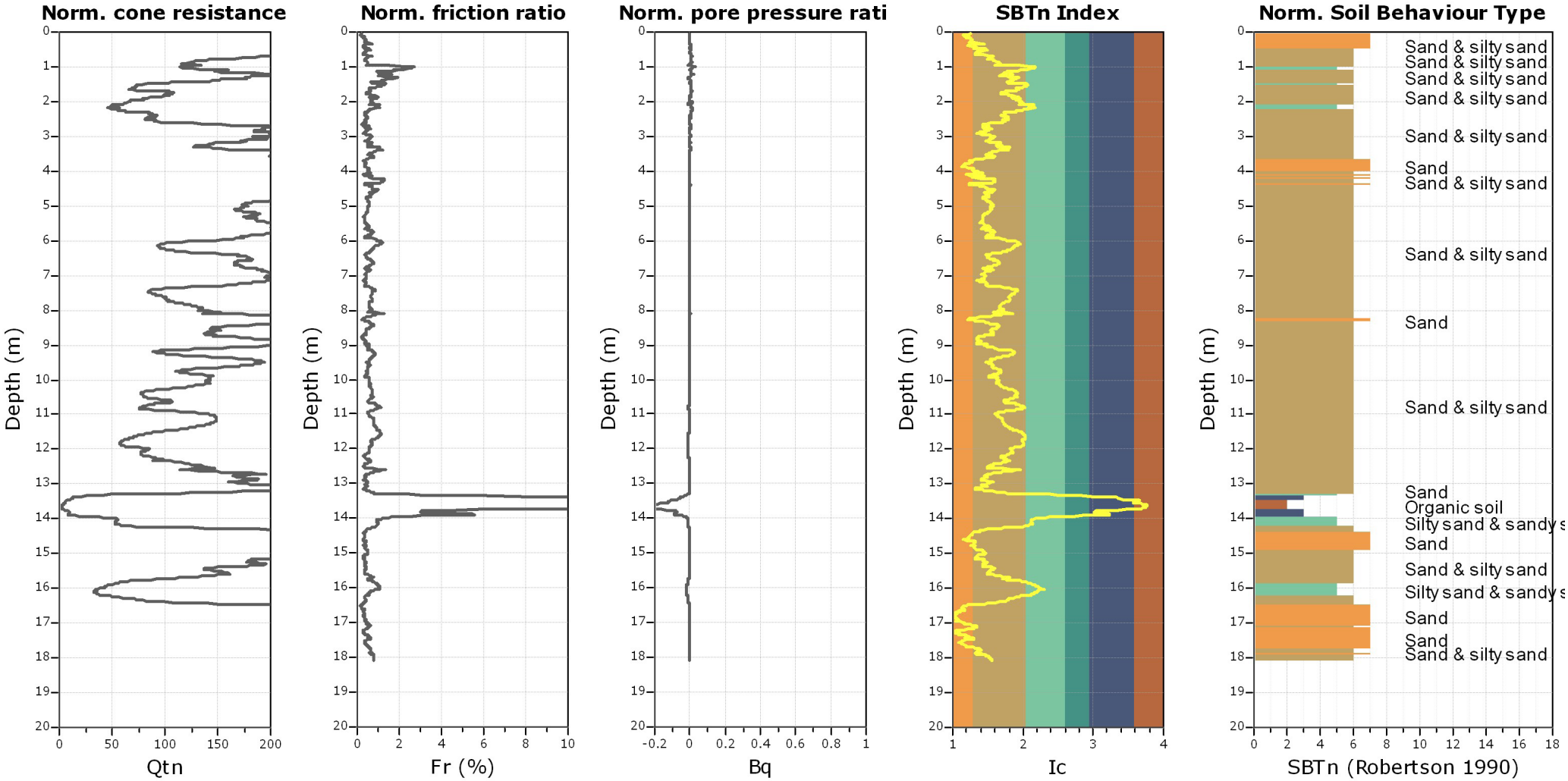
CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



SBTn legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

SoilData SERVICES S.R.L.

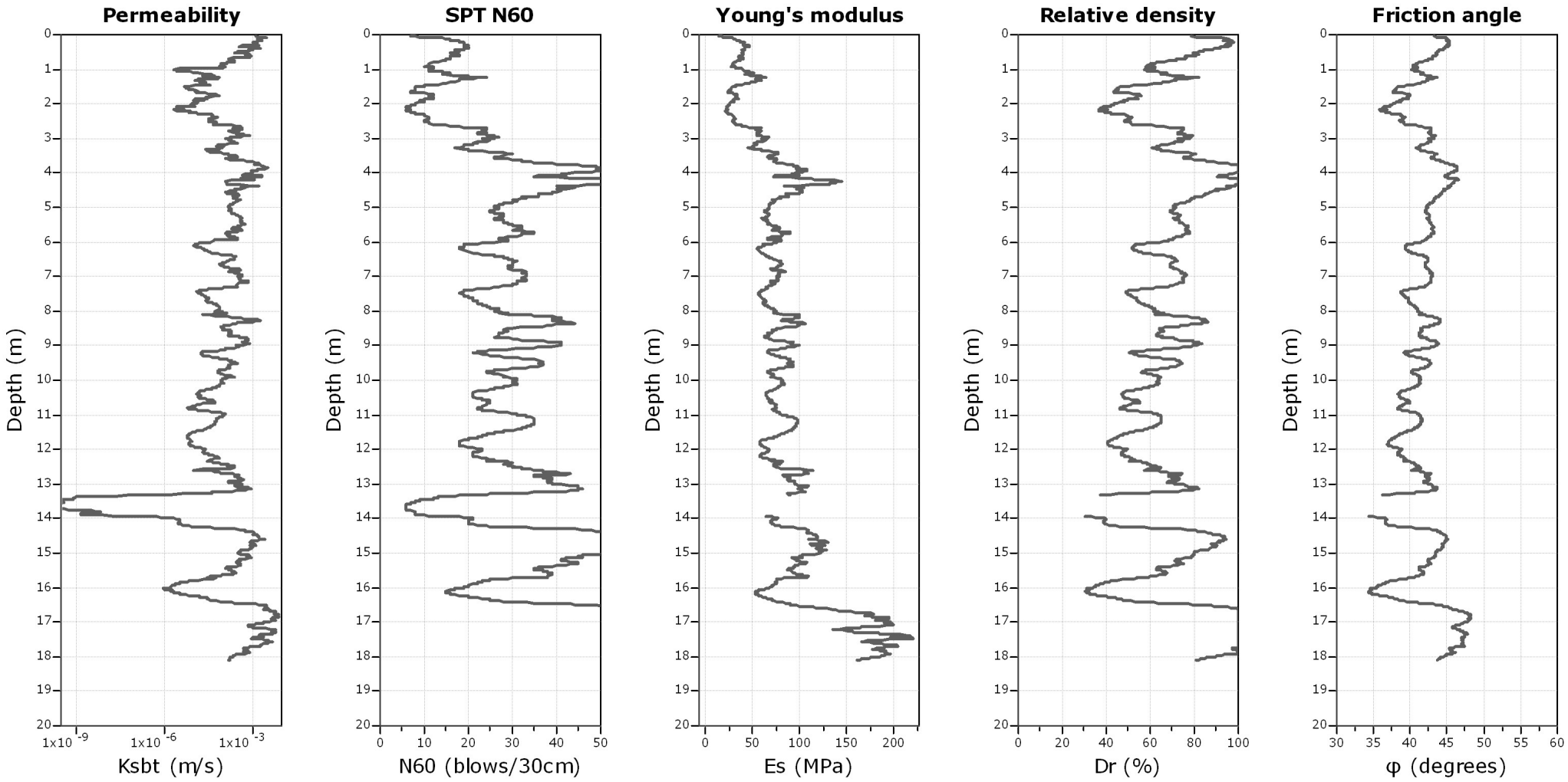
CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60}: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

User defined estimation data

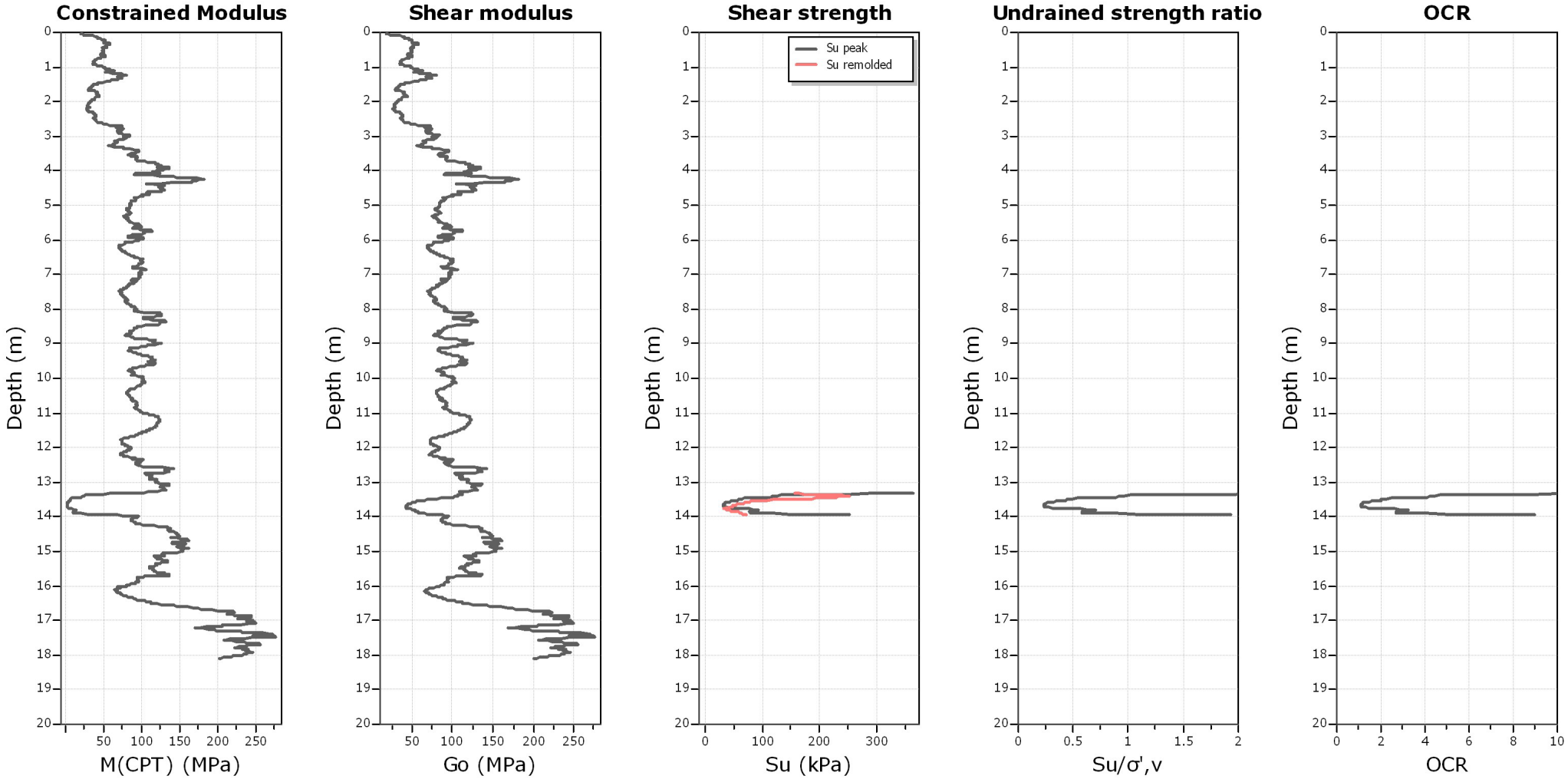
CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt}: 14

OCR factor for clays, N_{kt}: 0.33

User defined estimation data

SoilData SERVICES S.R.L.

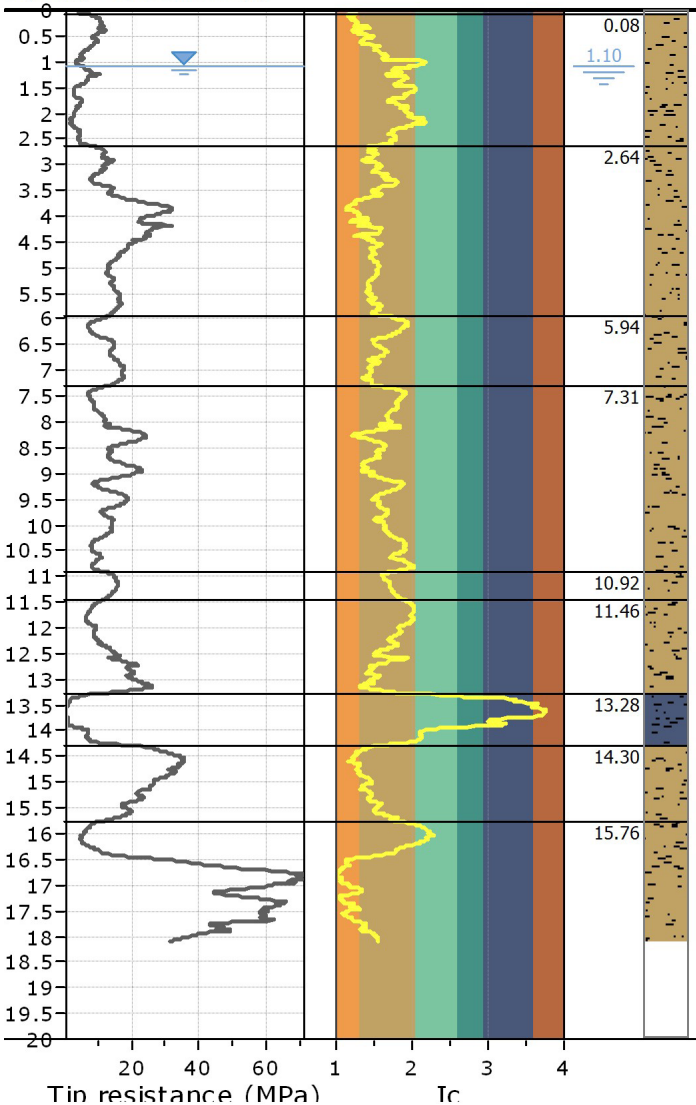
CPT: CPTU-01

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 18.10 m, Date: 26/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



Depth (m)	Description	qt (MPa)	Ksbt (m/s)	N60	Es (MPa)	Dr	Phi (°)	M (MPa)	Go (MPa)	Su (kPa)	Su ratio	OCR	Gamma (kN/m³)
0.08	Sand & silty sand	6.1	2.96E-4	12.8	35.0	62.6	40.7	43.9	43.9	-	-	-	17.7
2.64	Sand & silty sand	17.0	4.56E-4	32.0	76.6	80.1	43.4	96.0	96.0	-	-	-	19.2
5.94	Sand & silty sand	13.5	1.95E-4	27.6	71.1	67.2	41.7	89.1	89.1	-	-	-	18.9
7.31	Sand & silty sand	13.3	1.60E-4	28.2	75.2	62.0	40.9	94.2	94.2	-	-	-	18.9
10.92	Sand & silty sand	14.7	5.92E-5	32.9	91.6	62.5	41.1	114.9	114.9	-	-	-	19.4
11.46	Sand & silty sand	13.8	1.37E-4	29.8	80.6	57.7	40.1	101.1	101.1	-	-	-	18.8
13.28	Clay	4.3	5.37E-6	14.7	76.8	-	-	45.2	79.3	91.1	0.7	3.2	18.4
14.30	Sand & silty sand	25.7	6.51E-4	46.8	107.2	77.7	43.1	134.4	134.4	-	-	-	19.5
15.76	Sand & silty sand	39.3	1.83E-3	65.3	141.2	80.2	43.5	176.6	177.0	-	-	-	19.9

Summary table of mean values

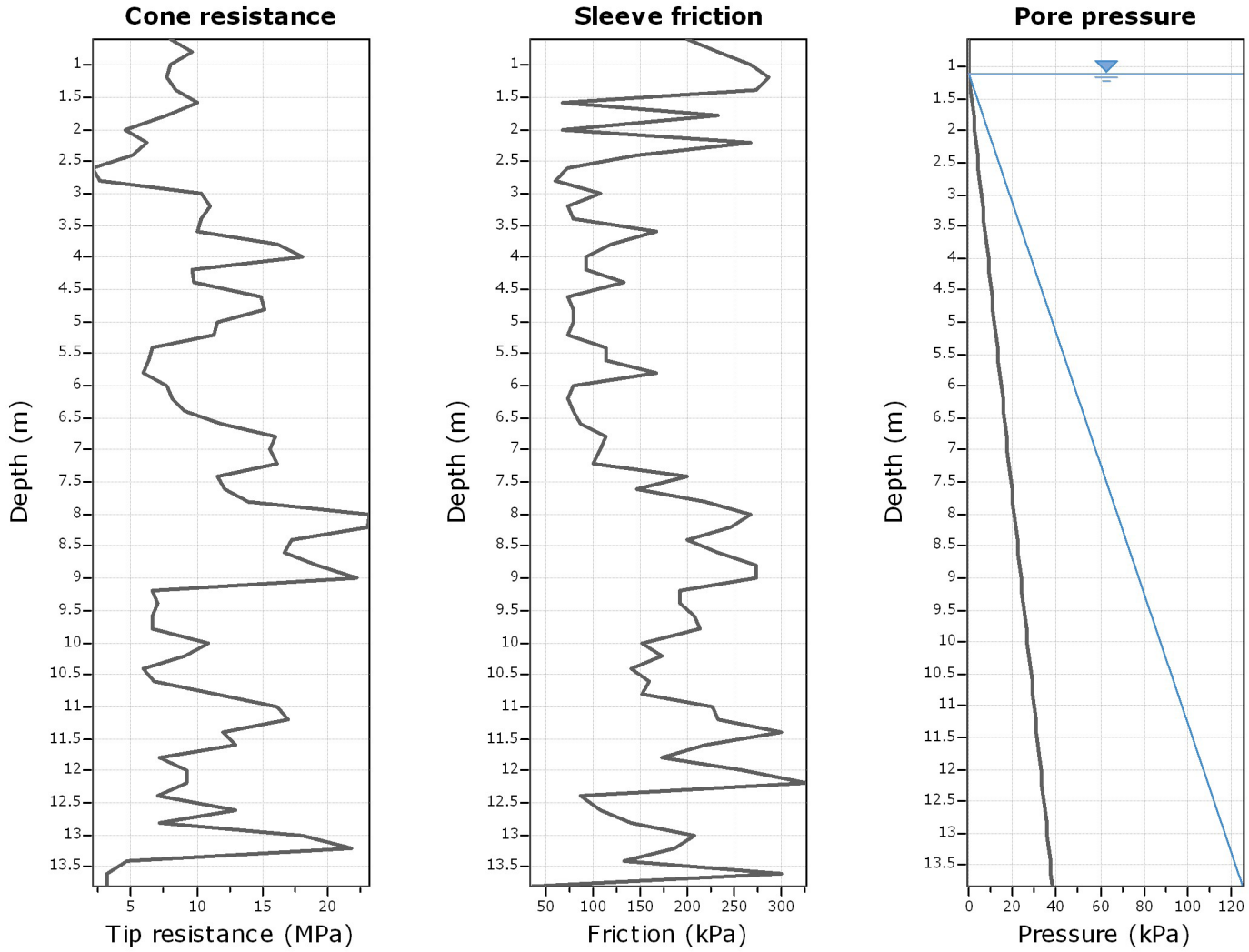
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_U (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.08	2.56	2.96E-04	12.8	35.0	62.6	40.7	43.9	43.9	0.0	0.0	0.0	17.7
2.64		(±5.56E-04)	(±4.2)	(±9.3)	(±17.5)	(±2.6)	(±11.6)	(±11.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.8)
2.64	3.30	4.56E-04	32.0	76.6	80.1	43.4	96.0	96.0	0.0	0.0	0.0	19.2
5.94		(±5.52E-04)	(±9.4)	(±20.2)	(±11.1)	(±1.4)	(±25.3)	(±25.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)
5.94	1.37	1.95E-04	27.6	71.1	67.2	41.7	89.1	89.1	0.0	0.0	0.0	18.9
7.31		(±1.58E-04)	(±4.9)	(±8.2)	(±8.0)	(±1.2)	(±10.2)	(±10.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
7.31	3.61	1.60E-04	28.2	75.2	62.0	40.9	94.2	94.2	0.0	0.0	0.0	18.9
10.92		(±2.53E-04)	(±6.4)	(±11.4)	(±10.4)	(±1.6)	(±14.3)	(±14.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
10.92	0.54	5.92E-05	32.9	91.6	62.5	41.1	114.9	114.9	0.0	0.0	0.0	19.4
11.46		(±2.74E-05)	(±2.1)	(±6.7)	(±2.9)	(±0.5)	(±8.4)	(±8.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.2)
11.46	1.82	1.37E-04	29.8	80.6	57.7	40.1	101.1	101.1	0.0	0.0	0.0	18.8
13.28		(±1.86E-04)	(±8.8)	(±16.6)	(±12.3)	(±2.0)	(±20.9)	(±20.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)
13.28	1.02	5.37E-06	14.7	76.8	0.0	0.0	45.2	79.3	91.1	0.7	3.2	18.4
14.30		(±1.91E-05)	(±8.5)	(±18.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±42.9)	(±25.2)	(±72.0)	(±0.6)	(±2.6)	(±0.8)
14.30	1.46	6.51E-04	46.8	107.2	77.7	43.1	134.4	134.4	0.0	0.0	0.0	19.5
15.76		(±5.34E-04)	(±8.2)	(±12.4)	(±11.4)	(±1.5)	(±15.6)	(±15.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
15.76	2.34	1.83E-03	65.3	141.2	80.2	43.5	176.6	177.0	0.0	0.0	0.0	19.9
18.10		(±2.07E-03)	(±31.6)	(±54.6)	(±27.2)	(±4.7)	(±69.1)	(±68.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.3)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

CPT: CPT-02

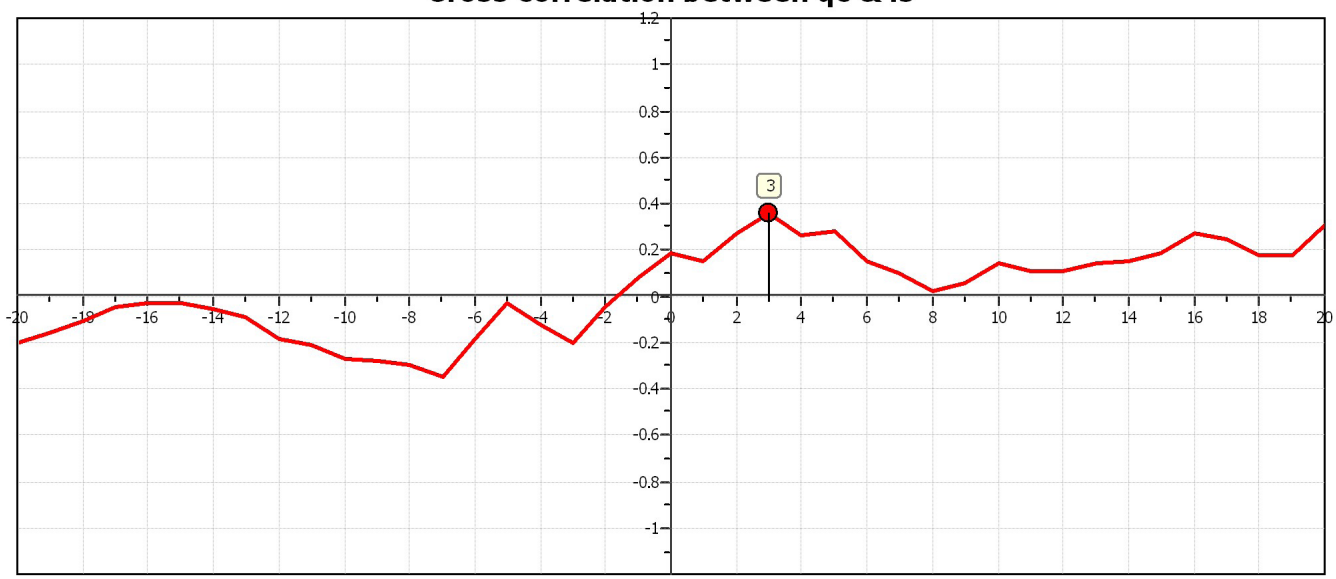
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



SoilData SERVICES S.R.L.

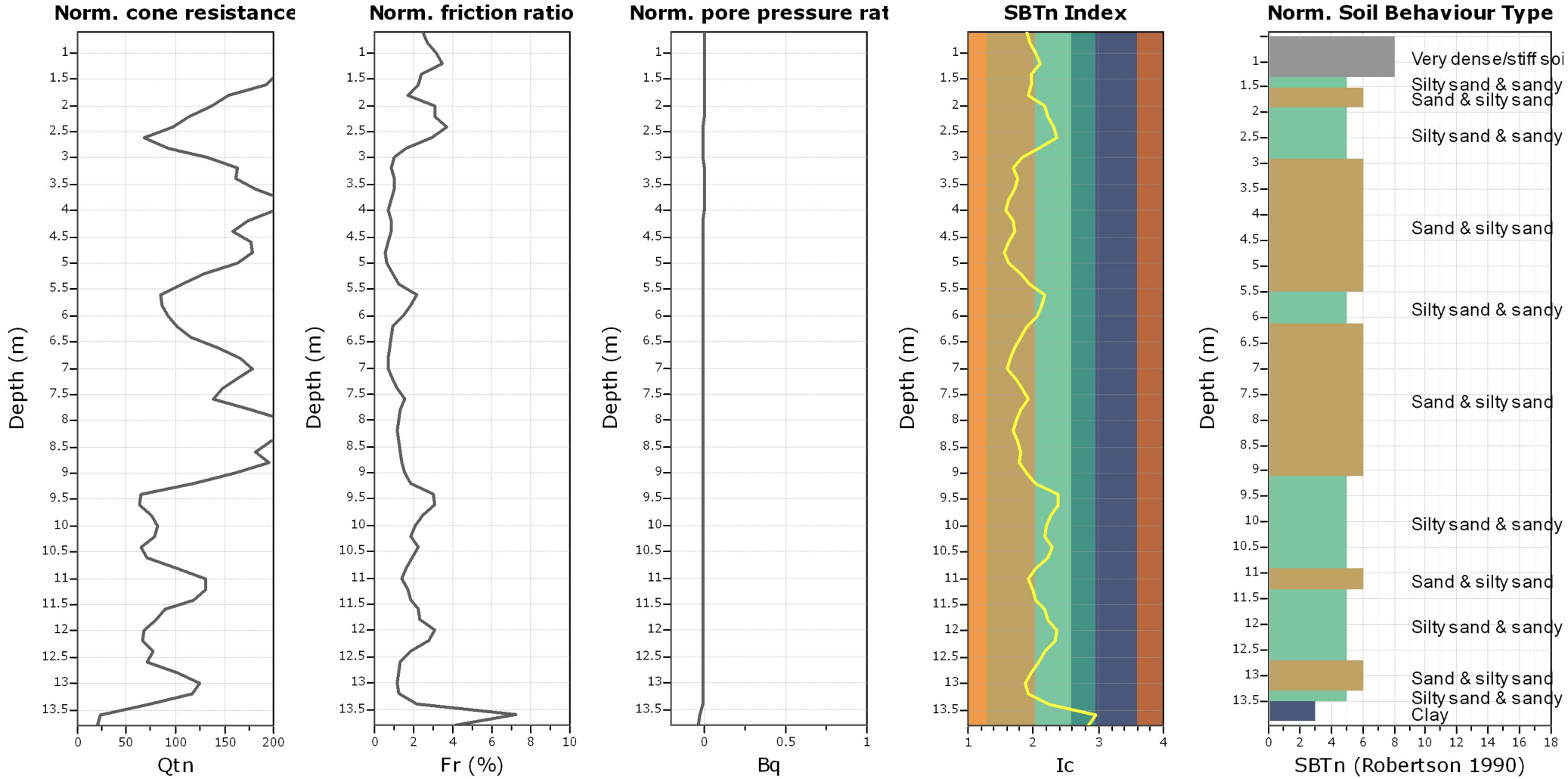
CPT: CPT-02

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



SBTn legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

SoilData SERVICES S.R.L.

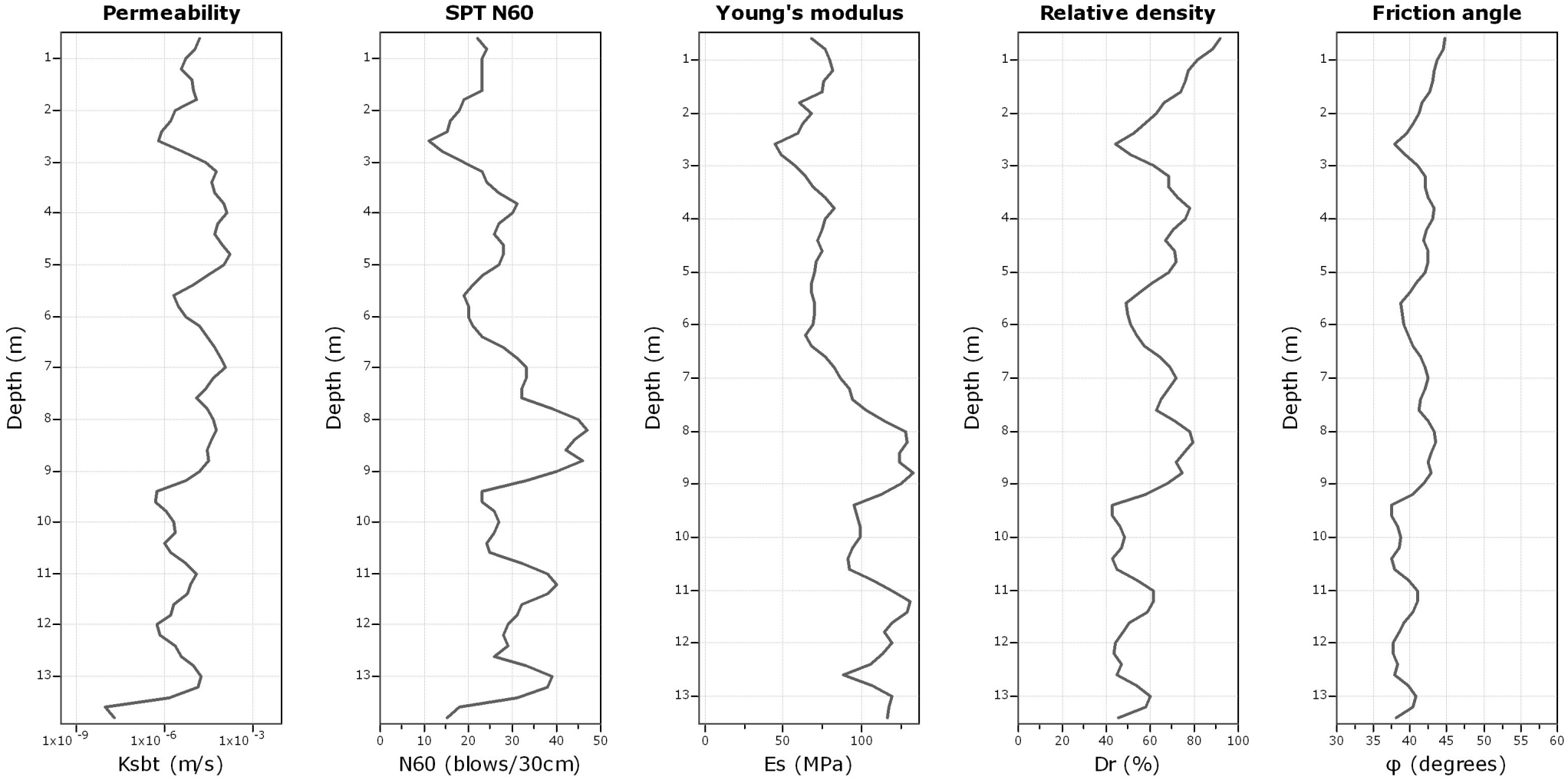
CPT: CPT-02

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60}: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

User defined estimation data

Summary table of mean values

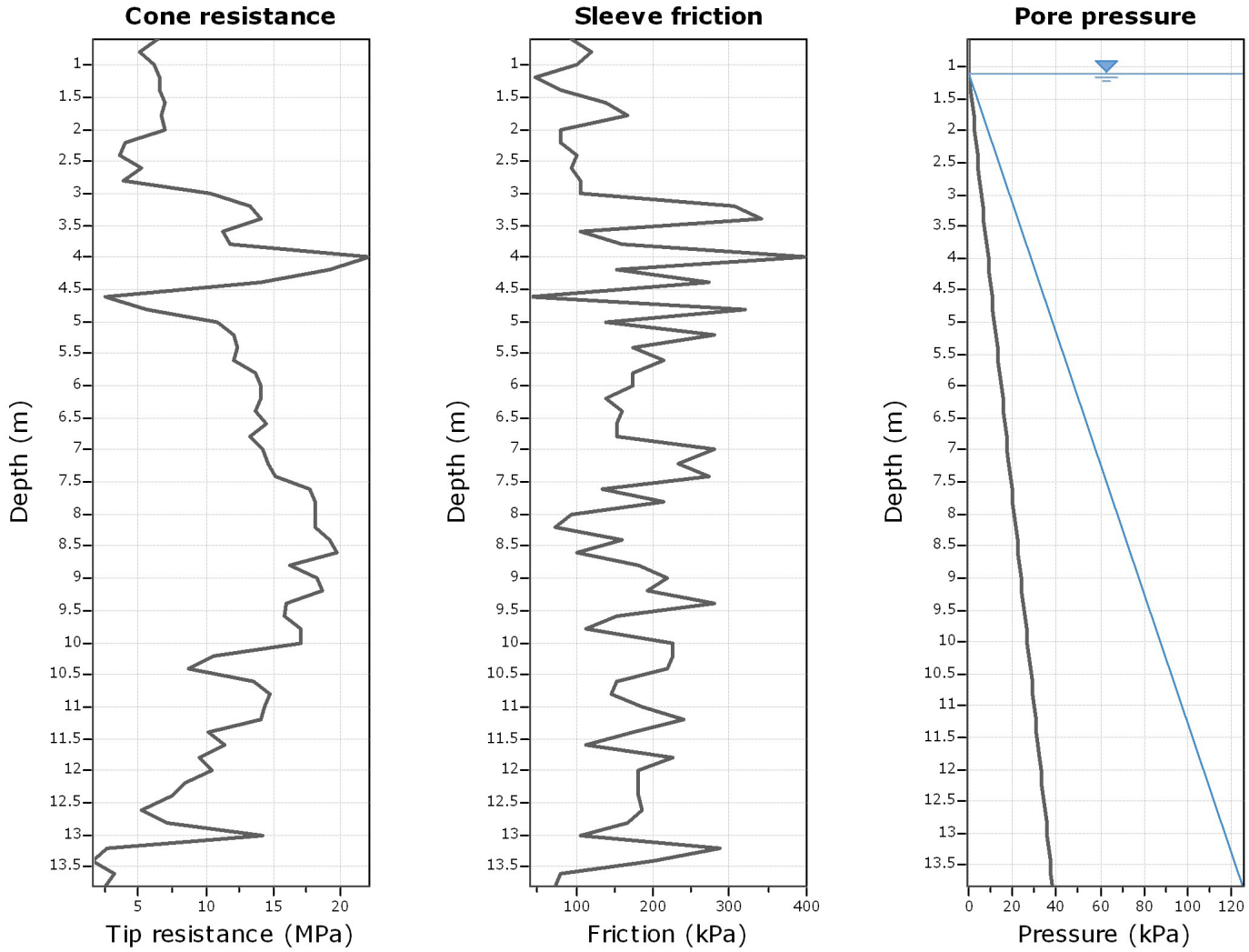
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_U (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.60	2.40	7.76E-06	19.2	66.1	68.0	41.7	80.5	82.8	0.0	0.0	0.0	19.6
3.00		(±7.06E-06)	(±4.2)	(±11.8)	(±14.8)	(±2.1)	(±17.7)	(±14.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)
3.00	3.80	5.75E-05	24.8	71.4	64.1	41.2	89.5	89.5	0.0	0.0	0.0	19.2
6.80		(±4.70E-05)	(±4.0)	(±6.2)	(±8.8)	(±1.4)	(±7.8)	(±7.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.2)
6.80	2.20	4.50E-05	38.7	111.8	71.2	42.3	140.1	140.1	0.0	0.0	0.0	20.1
9.00		(±3.06E-05)	(±6.2)	(±18.5)	(±5.0)	(±0.7)	(±23.2)	(±23.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
9.00	4.60	4.80E-06	30.4	109.6	50.8	39.0	126.2	137.0	0.0	0.0	0.0	19.9
13.60		(±5.23E-06)	(±6.1)	(±12.7)	(±7.4)	(±1.3)	(±27.1)	(±15.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

CPT: CPT-03

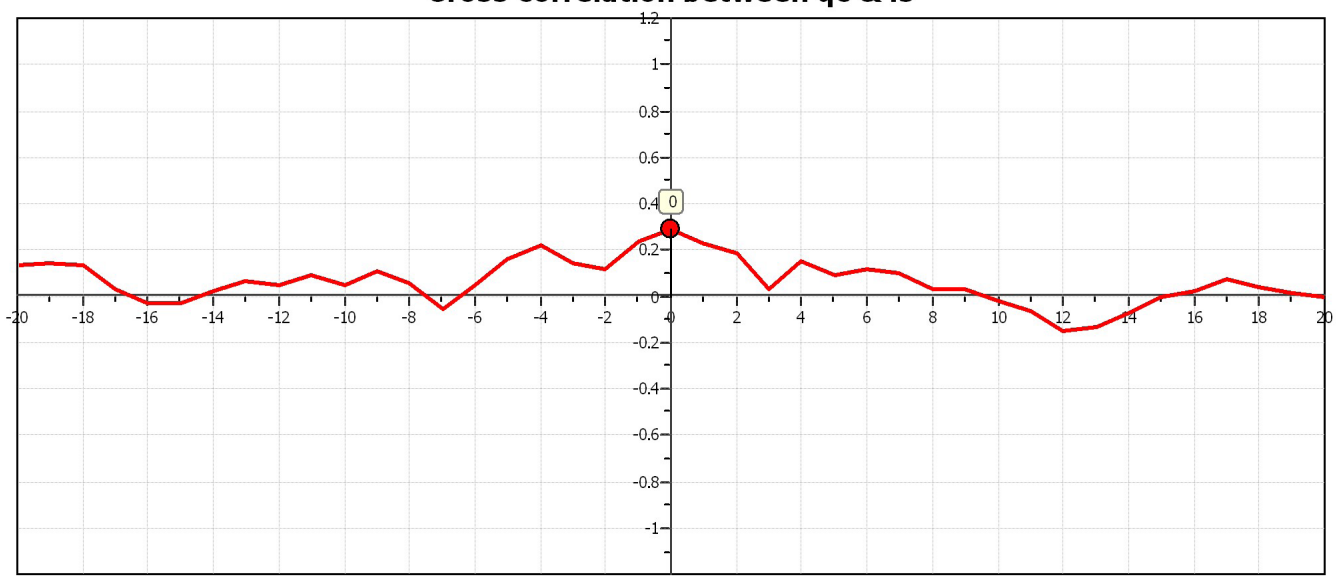
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



SoilData SERVICES S.R.L.

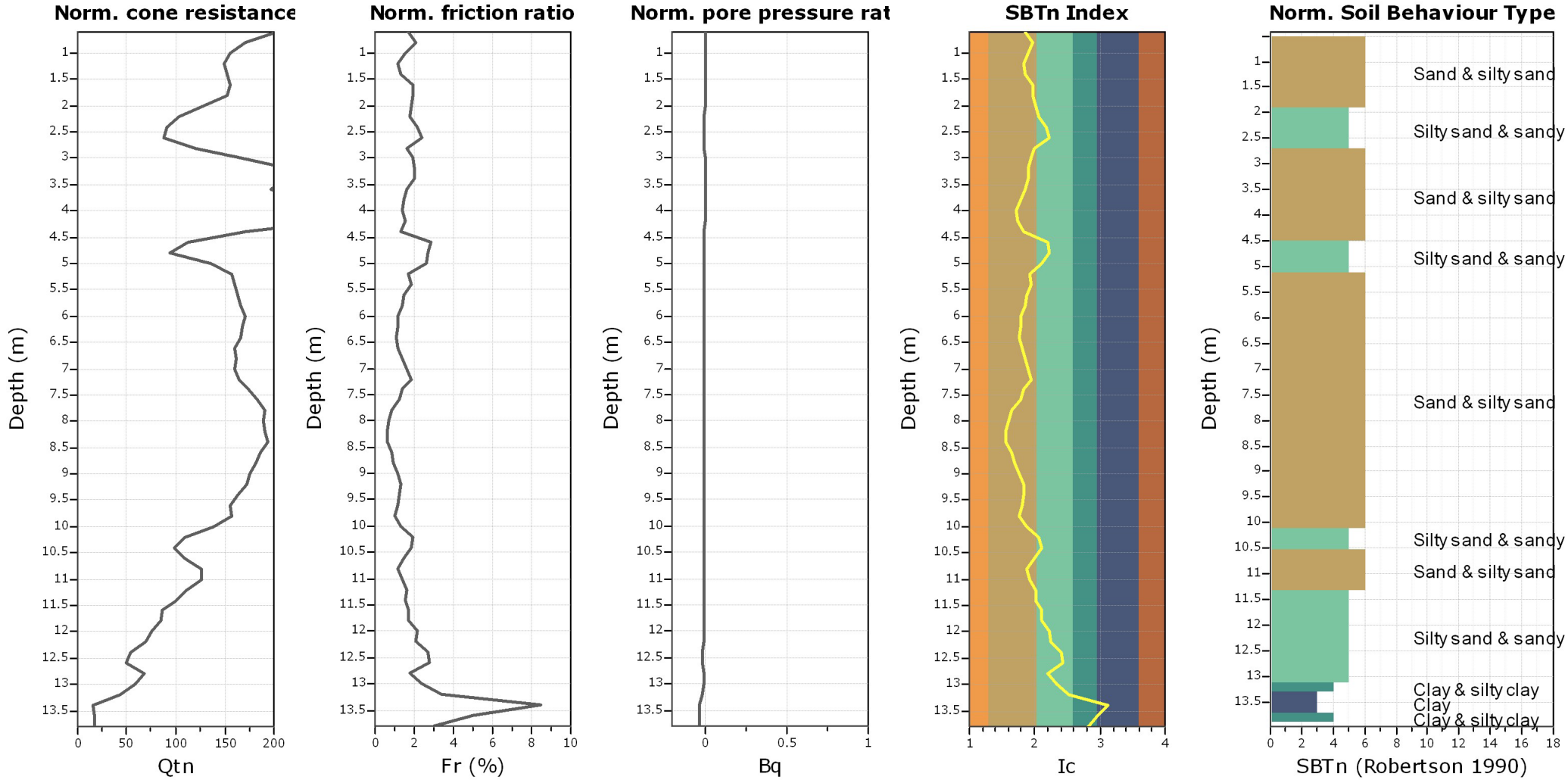
CPT: CPT-03

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



SBTn legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

SoilData SERVICES S.R.L.

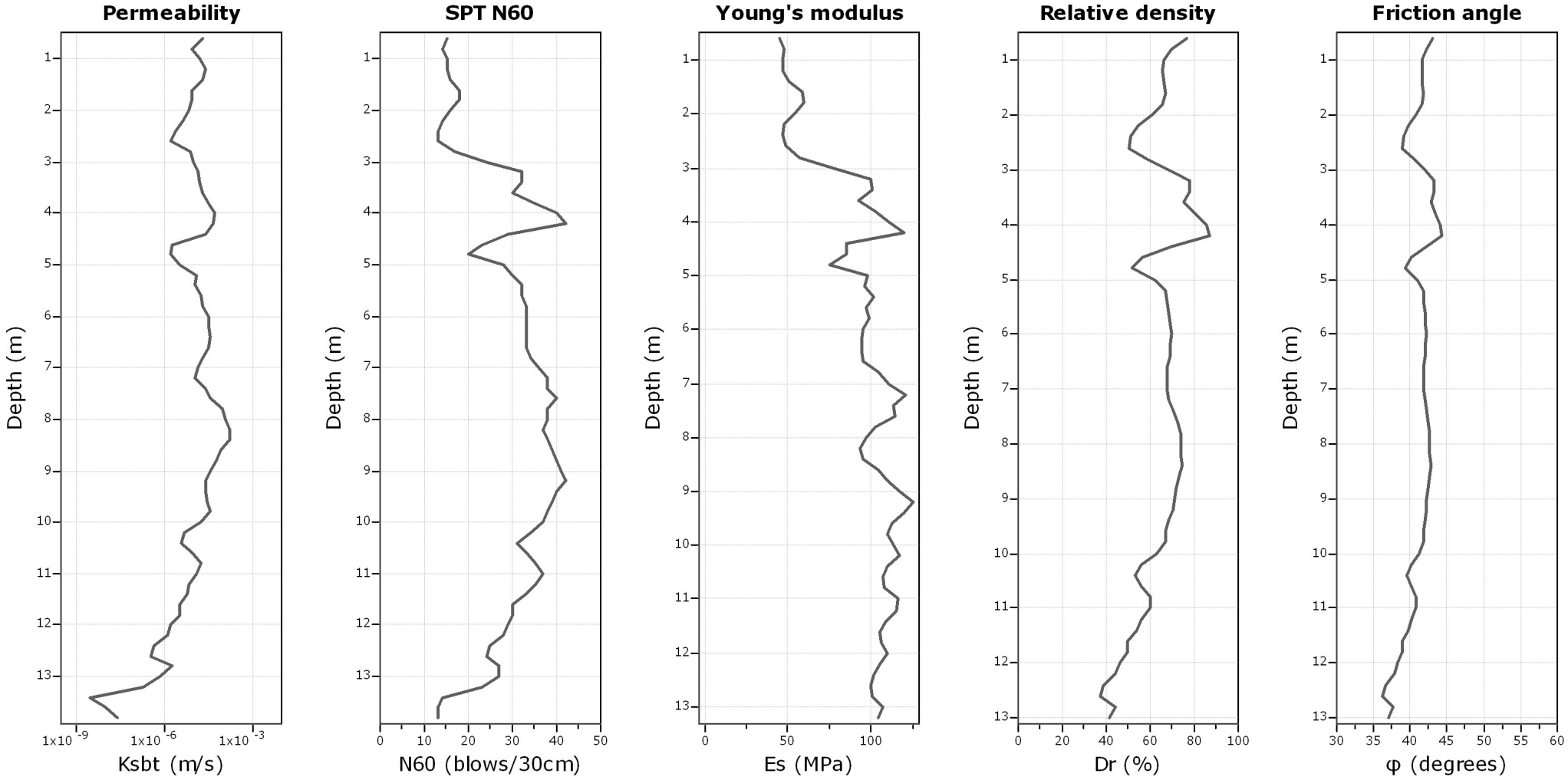
CPT: CPT-03

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60}: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

User defined estimation data

Summary table of mean values

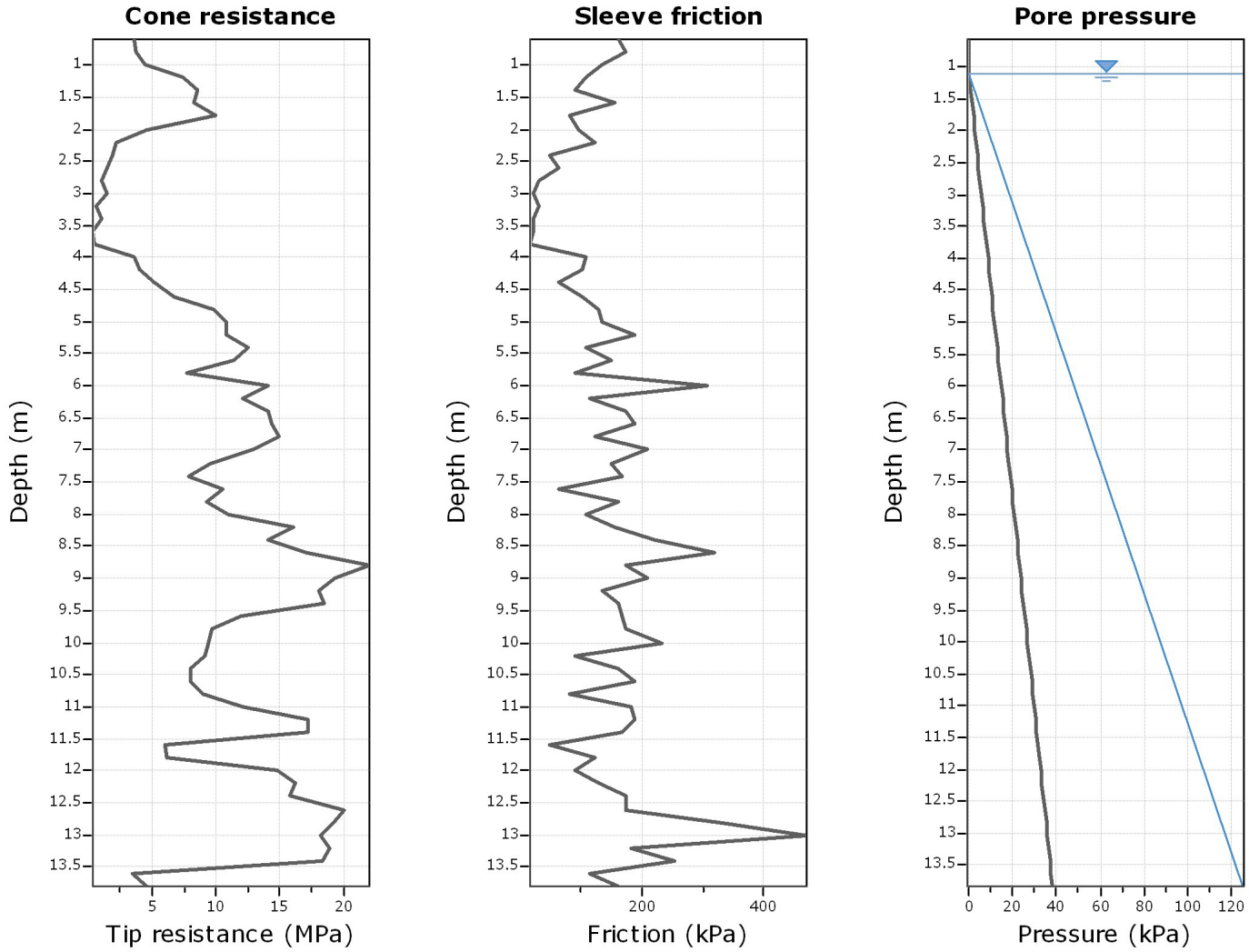
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_U (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.60	2.40	1.06E-05	16.0	52.9	63.0	41.1	66.0	66.3	0.0	0.0	0.0	19.0
3.00		(±6.98E-06)	(±2.9)	(±9.0)	(±7.7)	(±1.2)	(±11.5)	(±11.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
3.00	4.20	2.11E-05	31.9	98.3	70.2	42.1	122.9	123.2	0.0	0.0	0.0	20.1
7.20		(±1.38E-05)	(±5.1)	(±11.5)	(±8.2)	(±1.1)	(±15.1)	(±14.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
7.20	3.00	6.04E-05	38.6	110.8	69.6	42.1	138.8	138.8	0.0	0.0	0.0	20.0
10.20		(±5.58E-05)	(±1.9)	(±9.6)	(±4.9)	(±0.7)	(±12.0)	(±12.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
10.20	2.00	6.31E-06	32.3	110.1	53.1	39.5	136.0	138.1	0.0	0.0	0.0	19.9
12.20		(±4.97E-06)	(±2.9)	(±4.4)	(±5.2)	(±1.0)	(±8.1)	(±5.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.1)
12.20	1.00	7.92E-07	25.7	103.1	41.1	37.1	102.4	129.5	0.0	0.0	0.0	19.7
13.20		(±6.16E-07)	(±2.0)	(±3.1)	(±3.0)	(±0.7)	(±15.9)	(±3.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.1)
13.20	0.60	6.43E-08	16.7	104.7	0.0	0.0	49.3	109.7	251.5	1.8	8.3	19.3
13.80		(±1.01E-07)	(±5.5)	(±104.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±29.0)	(±20.0)	(±148.1)	(±1.1)	(±5.2)	(±0.4)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

CPT: CPT-04

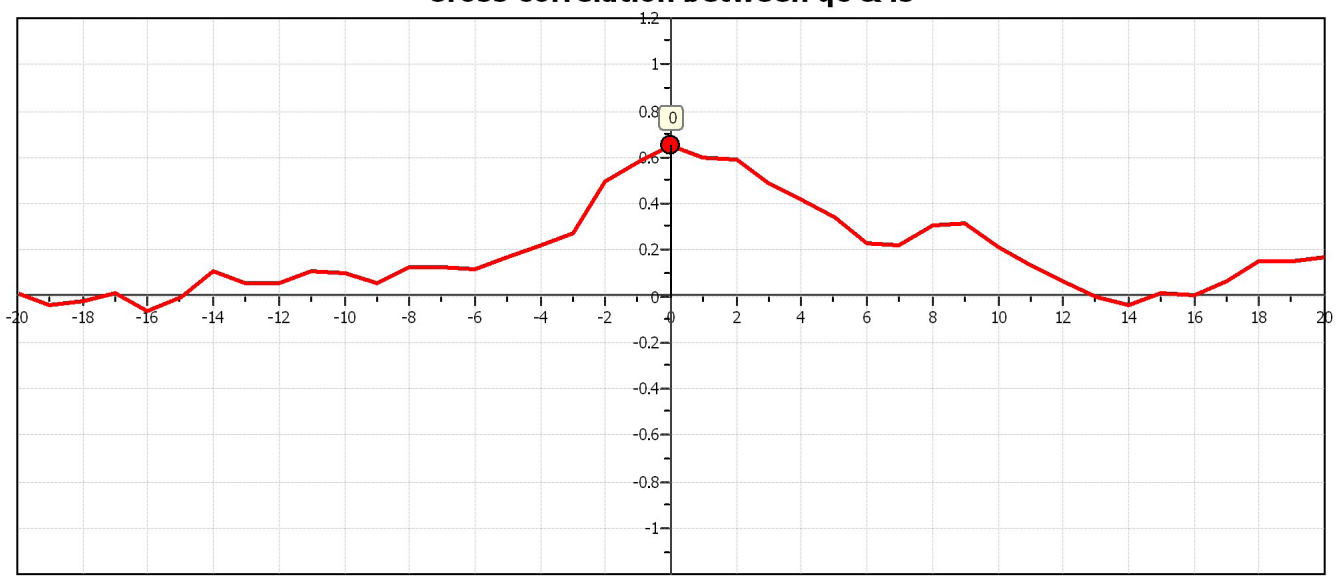
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**
Surface Elevation: 0.00 m



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



SoilData SERVICES S.R.L.

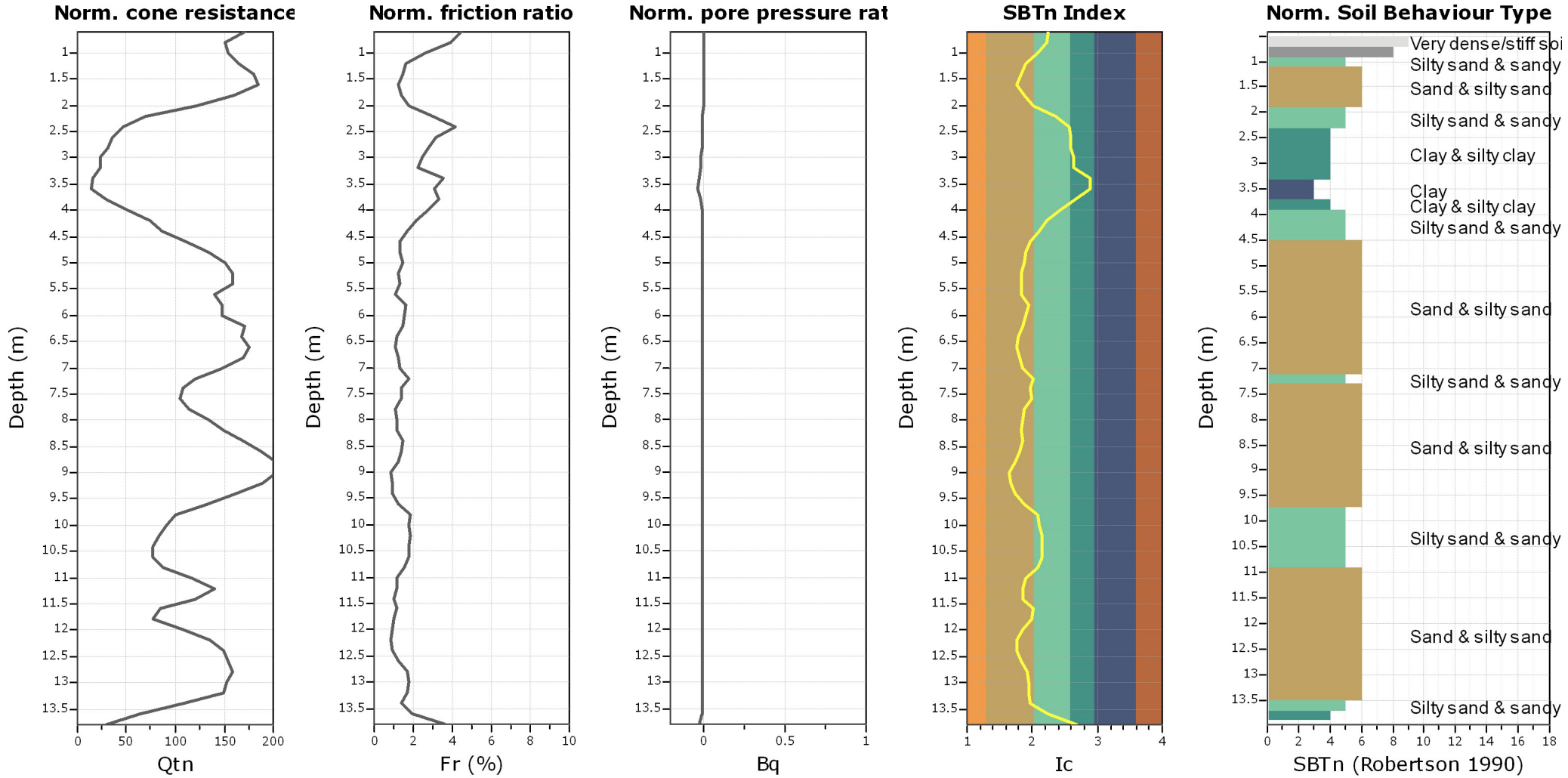
CPT: CPT-04

Project: **Appenine Energy S.p.A.**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014

Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Surface Elevation: 0.00 m



SBTn legend

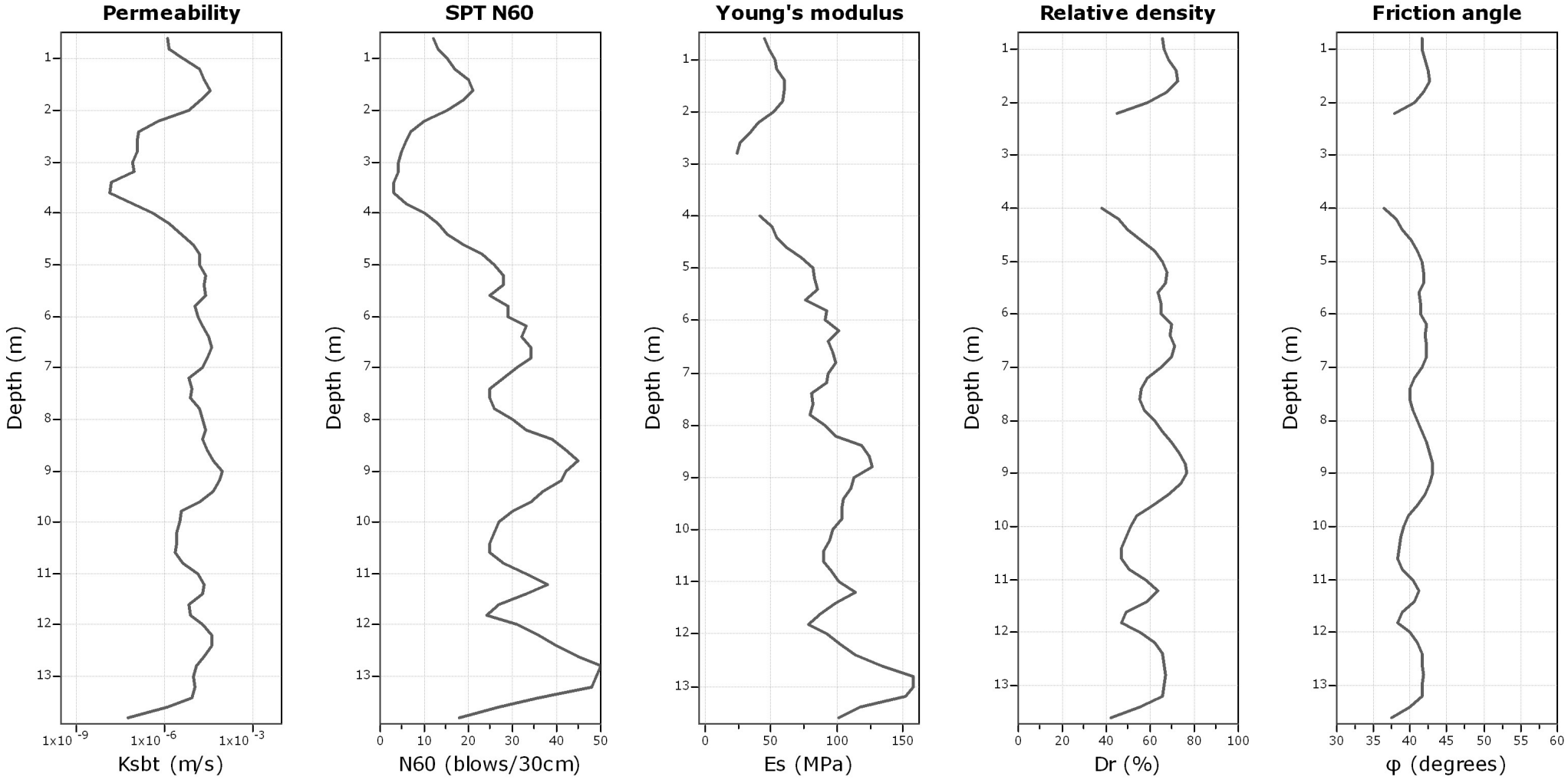
1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

SoilData SERVICES S.R.L.

CPT: CPT-04

Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Total depth: 13.80 m, Date: 29/09/2014
Surface Elevation: 0.00 m



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60}: Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)
Relative desnisty constant, C_{Dr}: 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data

Summary table of mean values

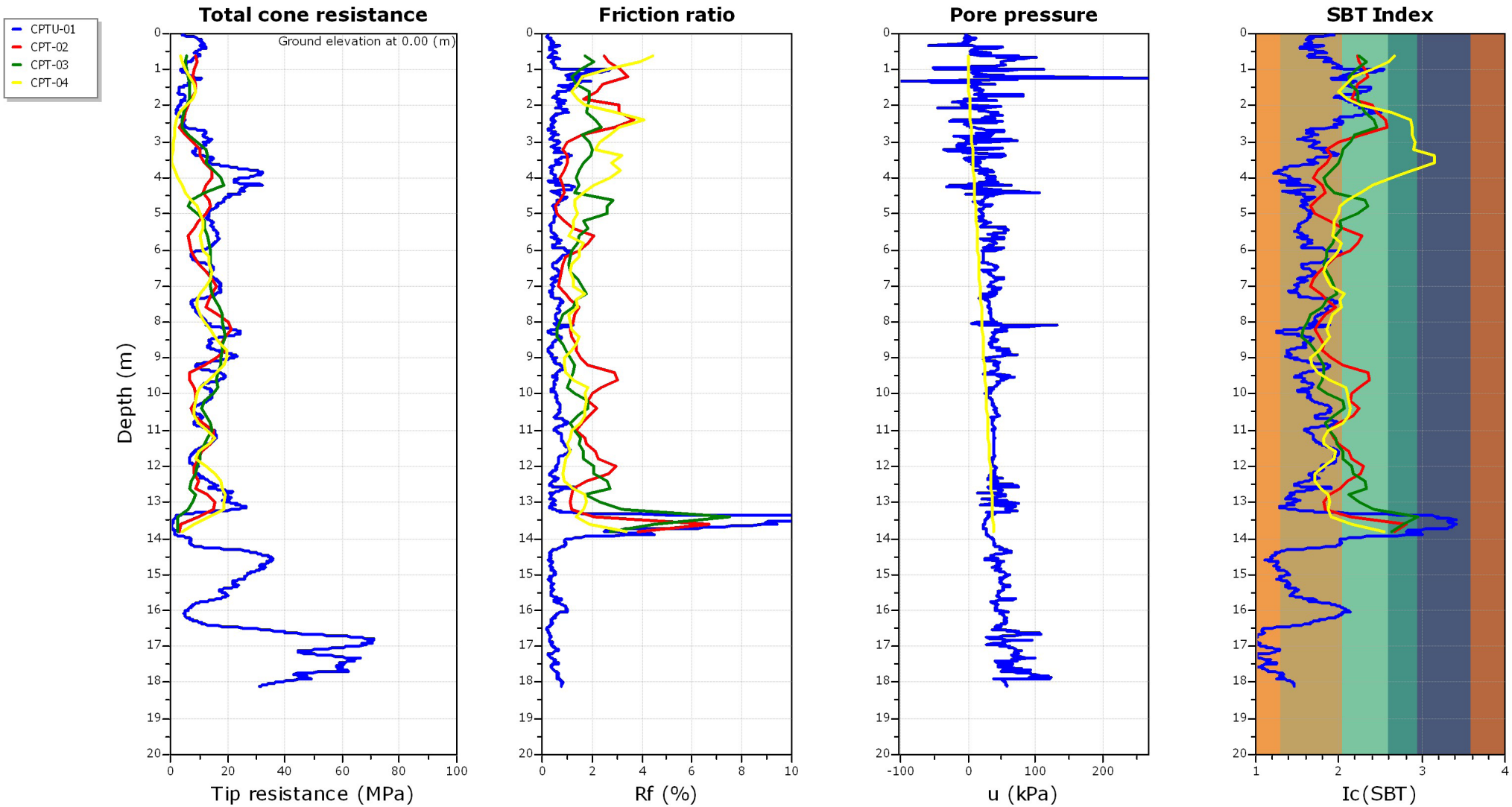
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT_{N60} (blows/30cm)	E_s (MPa)	D_r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G_0 (MPa)	Undrained strength, S_U (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.60	1.60	1.21E-05	15.8	53.2	64.4	41.3	63.3	65.6	0.0	0.0	0.0	19.1
2.20		(±1.26E-05)	(±3.8)	(±6.5)	(±9.1)	(±1.5)	(±11.8)	(±8.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
2.20	2.20	5.59E-07	7.2	28.4	0.0	0.0	27.6	39.2	81.2	1.9	8.9	17.5
4.40		(±1.03E-06)	(±4.0)	(±5.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±19.5)	(±16.1)	(±29.8)	(±0.8)	(±3.5)	(±0.9)
4.40	5.20	2.54E-05	30.9	92.7	65.1	41.4	116.1	116.1	0.0	0.0	0.0	19.7
9.60		(±1.97E-05)	(±7.2)	(±17.4)	(±6.7)	(±1.0)	(±21.9)	(±21.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
9.60	4.00	1.31E-05	33.9	108.7	56.2	40.0	135.6	136.2	0.0	0.0	0.0	19.8
13.60		(±1.14E-05)	(±8.3)	(±22.9)	(±7.9)	(±1.4)	(±29.0)	(±28.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.5)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

SoilData SERVICES S.R.L.

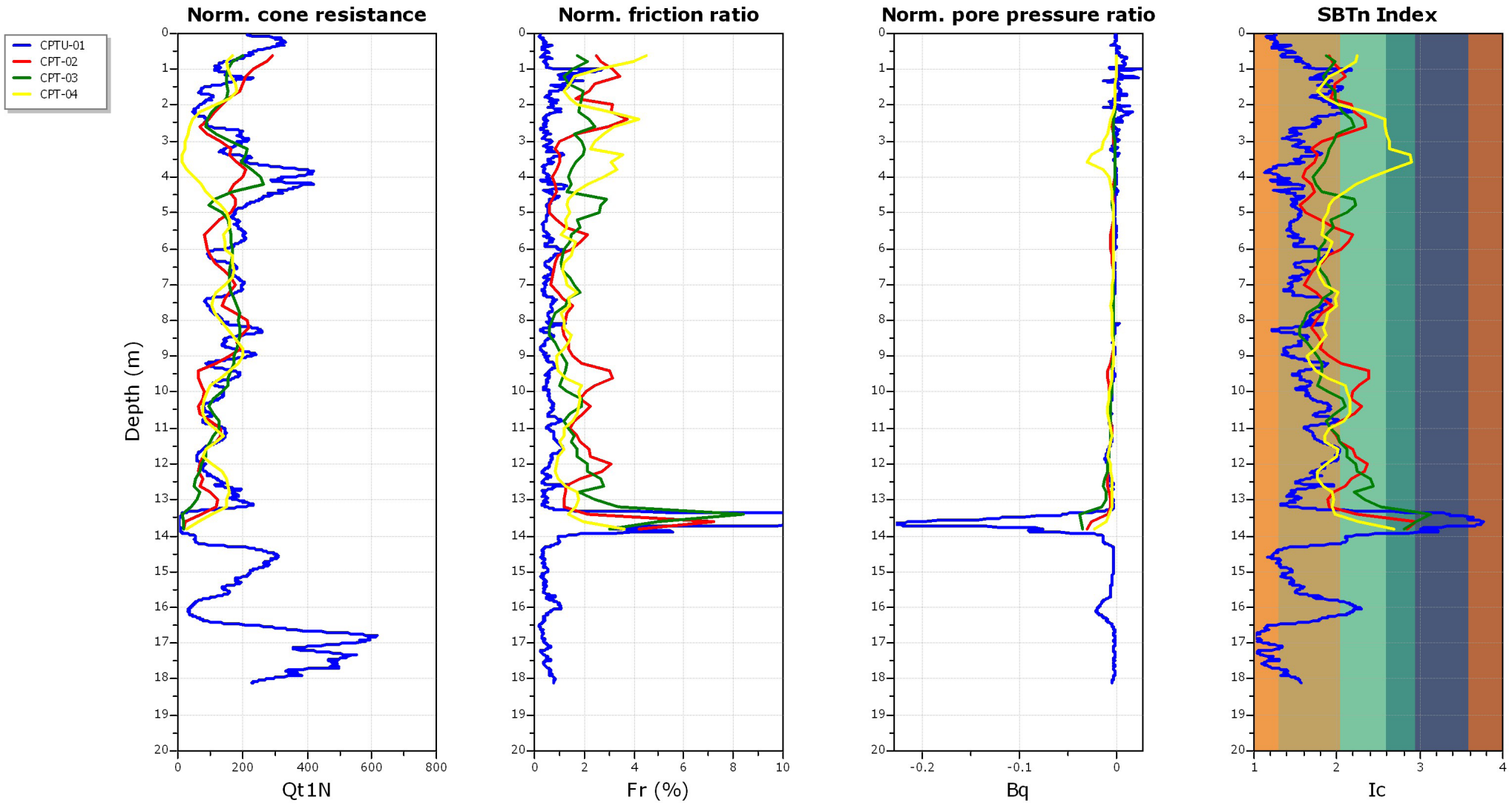
Project: **Appenine Energy S.p.A.**
Location: **Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)**

Overlay basic interpretation plots



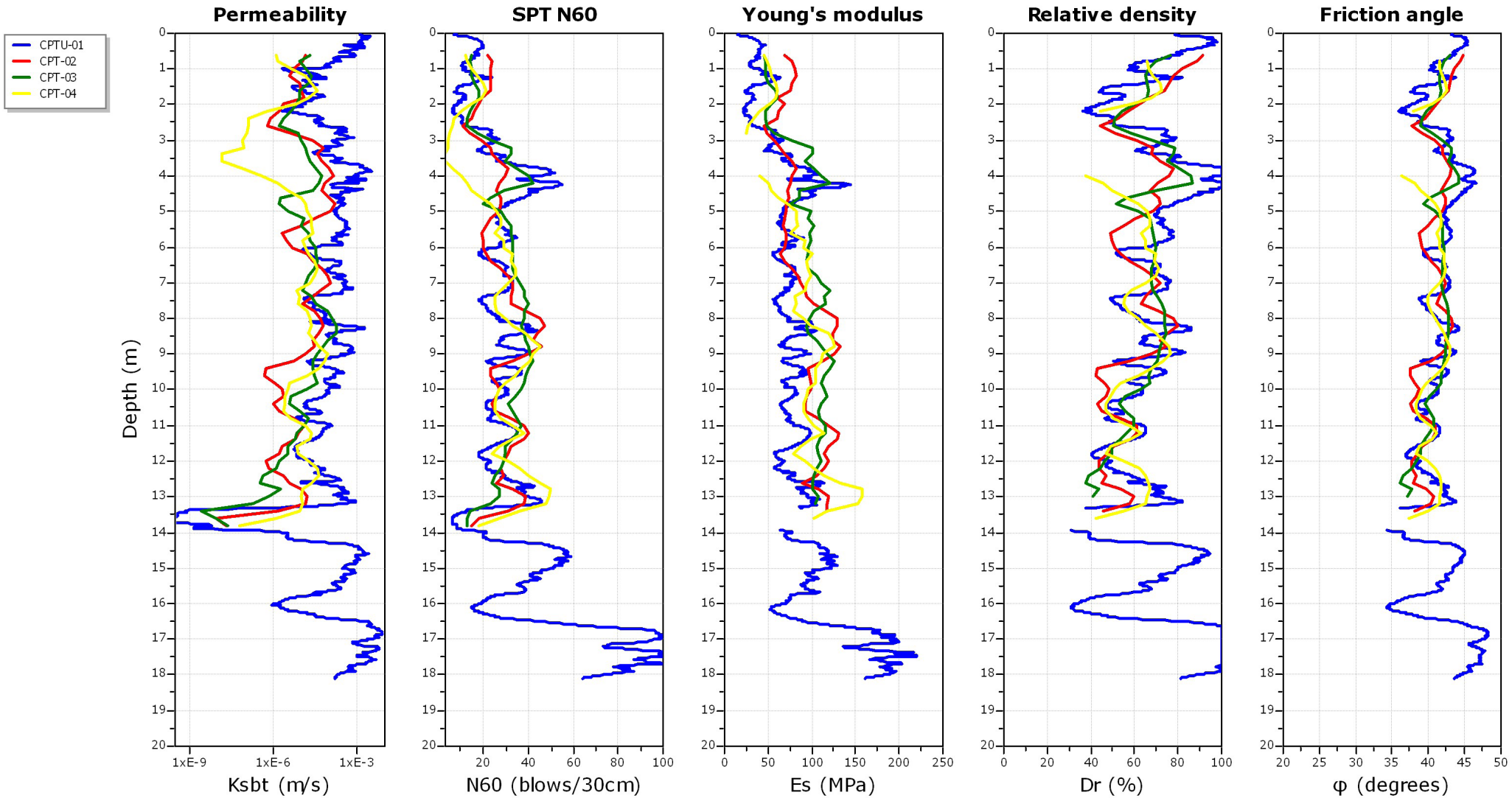
Project: Appenine Energy S.p.A.
Location: Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)

Normalized basic plots



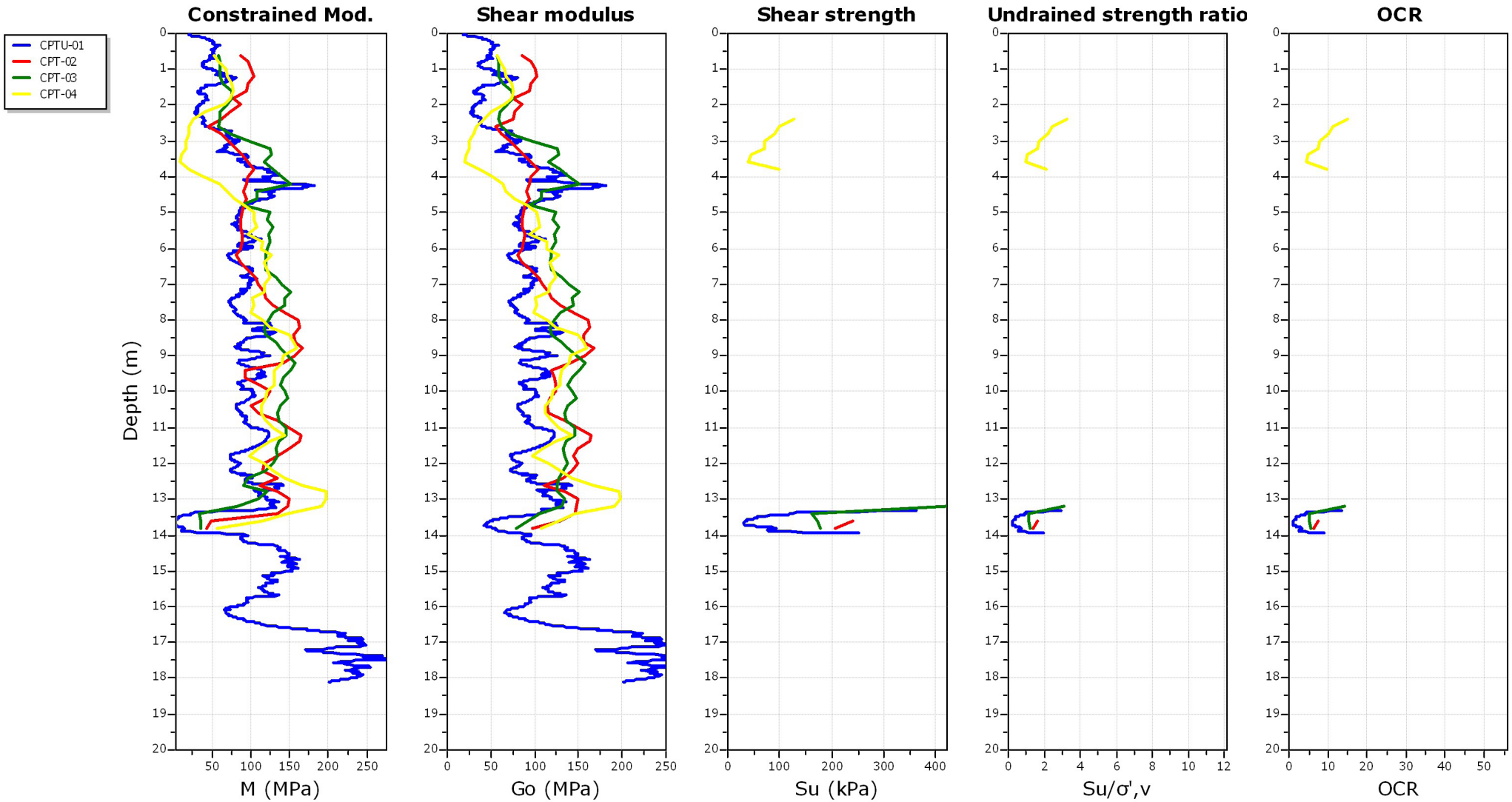
Project: Appenine Energy S.p.A.
Location: Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)

Overlay estimation plots (1)



Project: Appenine Energy S.p.A.
Location: Pozzo Moirago 1 Dir - Zibido San Giacomo (MI)

Overlay estimation plots (2)



ALLEGATO 8

PROVE SPT

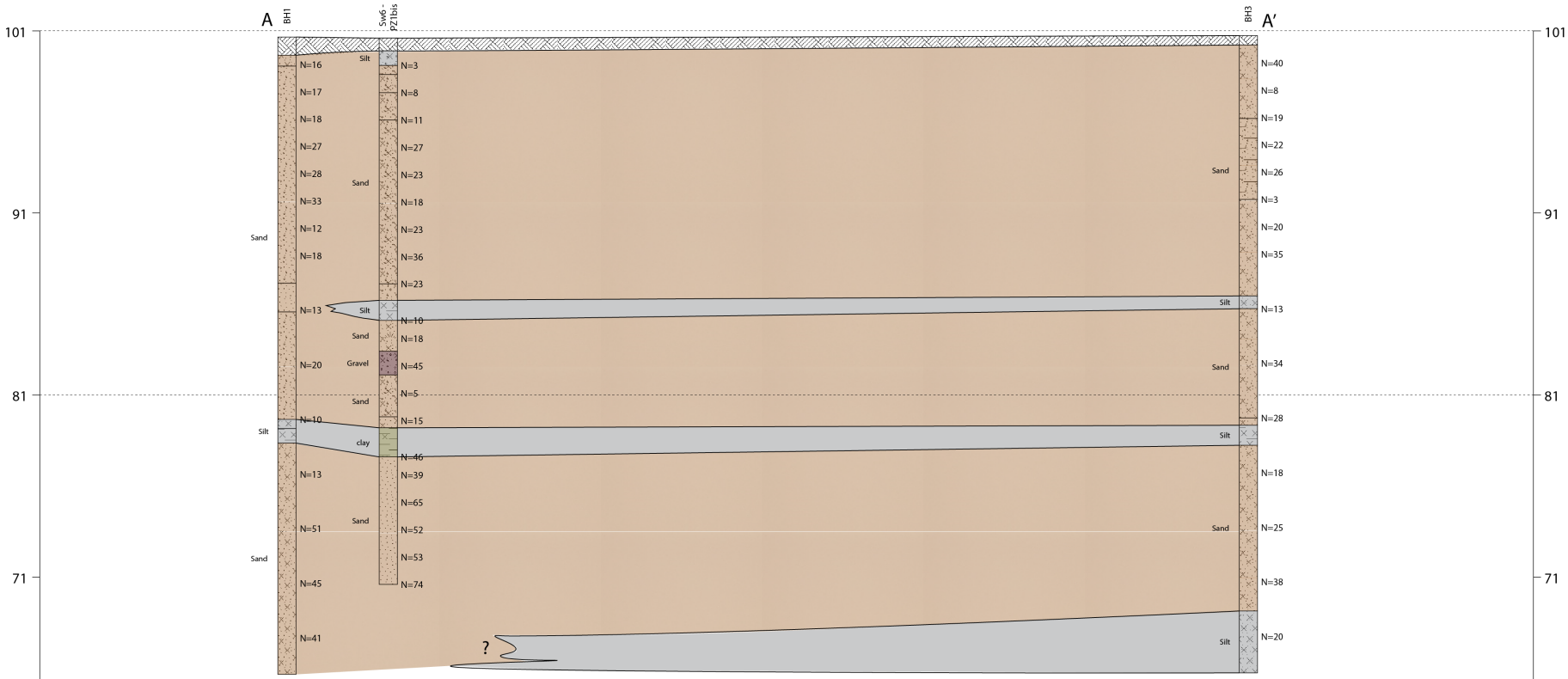
– INTERPRETAZIONE GEOTECNICA –

Interpretazione prove STP

Committente	*Appenine Energy S.p.A.*
Commessa	*Pozzo Moirago 1DIR*
Località	*Zibido San Giacomo (MI)*
Data	*30/09/14*

Sondaggio	Prof. [m]	γ_n [kN/m^3]	Prof. falda [m]	N_{SPT} [colpi/30 cm]	N_{SPT} [colpi/30 cm]	Tipo terreno	Categoria ASTM	σ'_{v0} [kPa]	N_1 [colpi/30 cm]	D_r [-]	ϕ' [m]	c_u [kPa]	E_{Norm} [Mpa]	Unità	a	b	V_s [m/s]	G_i [Mpa]	μ	E_i [Mpa]
S1	1,5	20,0	1,1	11	11	nc	SM	25	24	0,63	34	-	24,2		1,30	1,10	161	53	0,35	142
S1	3,0	20,0		16	16	nc	SM	40	27	0,67	34	-	27,9		1,30	1,10	197	79	0,35	214
S1	4,5	20,0		21	21	nc	SM	55	29	0,70	34	-	31,5		1,30	1,10	224	102	0,35	275
S1	6,0	20,0		26	26	nc	SM	70	32	0,73	35	-	35,2		1,30	1,10	246	123	0,35	332
S1	7,5	20,0		21	21	nc	SM	85	23	0,62	34	-	31,5		1,30	1,10	248	125	0,35	338
S1	9,0	20,0		15	15	nc	SM	100	15	0,49	32	-	27,2		1,30	1,10	243	120	0,35	324
S1	10,5	20,0		16	16	nc	SM	115	15	0,49	32	-	27,9		1,30	1,10	253	131	0,35	352
S1	12,0	20,0		29	29	nc	SM	130	25	0,65	34	-	37,4		1,30	1,10	287	169	0,35	455
S1	13,5	20,0		36	36	nc	SM	145	29	0,70	34	-	42,5		1,30	1,10	305	190	0,35	513
S1	15,0	20,0		23	23	nc	SM	160	18	0,54	33	-	33,0		1,30	1,10	289	170	0,35	460
S1	16,5	20,0		28	28	nc	SM	175	20	0,58	33	-	36,6		1,30	1,10	305	189	0,35	511
S1	18,0	20,0		57	57	nc	SM	190	40	0,83	36	-	57,8		1,30	1,10	350	249	0,35	674
S1	19,5	20,0		38	38	nc	SM	205	25	0,65	34	-	43,9		1,30	1,10	332	224	0,35	606

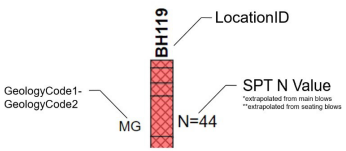
A.4 Sezioni stratigrafiche



Site Overview

Distance along baseline (m)	0.00	17.36	30.45	60.69	141.5	140.5	7	163.5	2
Offset (m)		3.26	13.36	3.34	8.26	8.73			

Legend



Clay
Silt
Gravel
Sand
Clay/Silt
Clayey gravelly SAND
Gravelly SAND
SAND
SAND and GR AVEL
Sandy gravelly SI LT
Sandy SI LT
Silty CL AY
Silty gravelly SAND
Silty organic SAND
Silty SAND
Silty sandy GR AVEL
TOPSOIL

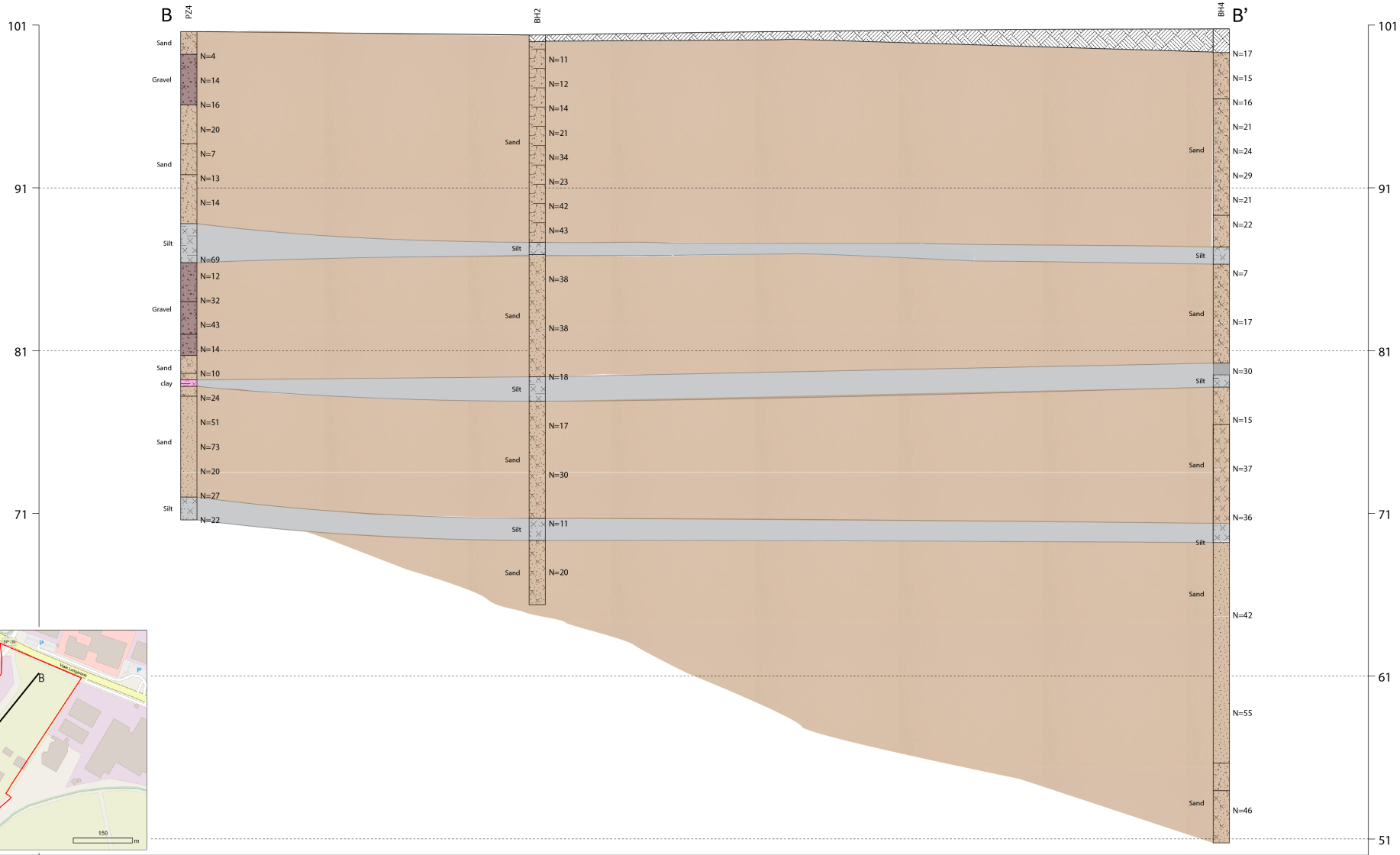
ARUP

Job Title
Data centre in Zibido San Giacomo (MI)

Figure Title
Geological Section A-A

Job No
306134 -10

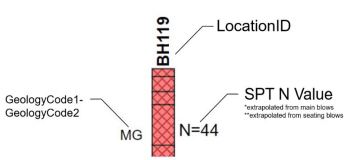
Figure No
1



Site Overview

Distance along baseline (m)	0.00	11.96	38.54	96.05	107.22	155.35	162.84	261.11	272.34
Offset (m)		2.40	2.34	1.94		0.69		1.28	

Legend



Clay
Silt
Gravel
Undefined
Sand
Clay/Silt
Sandy SI LT
Silty sandy GR AVEL
Clayey gravelly SAND
SI LT/CL AY
TOPSOIL
Gravelly SAND
Silty GR AVEL
Undefined
SAND
Silty gravelly SAND
Sandy GR AVEL
Silty SAND

ARUP

Job Title
Data centre in Zibido San Giacomo (MI)

Figure Title
Geological Section B-B'

Job No
306134 -10

Figure No
2